

Aproximación a la cuantificación de los determinantes sociales y las disparidades en la salud desde la minería de datos, el aprendizaje automático y la complejidad

Rafael Ricardo Rentería, Olga Lucía Ostos Ortiz y José Gabriel Mesa Angulo, O. P.



Aproximación a la cuantificación de los determinantes sociales y las disparidades en la salud desde la minería de datos, el aprendizaje automático y la complejidad

Rafael Ricardo Rentería
Olga Lucía Ostos Ortiz
José Gabriel Mesa Angulo, O. P.

Aproximación a la cuantificación de los determinantes sociales y las disparidades en la salud desde la minería de datos, el aprendizaje automático y la complejidad

Rafael Ricardo Rentería
Olga Lucía Ostos Ortiz
José Gabriel Mesa Angulo, O. P.



Rafael Ricardo Rentería

Aproximación a la cuantificación de los determinantes sociales y las disparidades en la salud desde la minería de datos, el aprendizaje automático / Rafael Ricardo Rentería, Olga Lucía Ostos Ortiz, José Gabriel Mesa Angulo, O. P., Bogotá: Ediciones USTA, 2021.

141 páginas; graficas, ilustraciones y tablas.

Incluye referencias bibliográficas (páginas 121-133) e índices de autores y alfabético

ISBN: 978-958-782-337-0

E-ISBN: 978-958-782-338-7

1. Derechos humanos -- Colombia 2. Desarrollo humano -- Aspectos sociales -- Colombia
3. Salud -- Colombia I. Universidad Santo Tomás (Colombia).

CDD 361.3561

CO-BOUST



© Rafael Ricardo Rentería, Olga Lucía Ostos Ortiz, José Gabriel Mesa Angulo, autores, 2020
© Universidad Santo Tomás, 2020

Ediciones USTA

Bogotá, D. C., Colombia

Carrera 9 n.º 51-11

Teléfono: (+571) 587 8797, ext. 2991

editorial@usantotomas.edu.co

<http://ediciones.usta.edu.co>

Corrección de estilo: Nicolás Sepúlveda Perdomo

Diseño y diagramación: Yully Cortés

Impresión: Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S. - Kimpres

ISBN: 978-958-782-337-0

e-ISBN: 978-958-782-338-7

Primera edición, 2020

Esta obra tiene una versión de acceso abierto disponible en el Repositorio Institucional de la Universidad Santo Tomás: <https://repository.usta.edu.co/>

Universidad Santo Tomás Vigilada Mineducación

Reconocimiento personería jurídica: Resolución 3645 del 6 de agosto de 1965, Minjusticia

Acreditación Institucional de Alta Calidad Multicampus: Resolución 01456 del 29 de enero de 2016, 6 años, Mineducación

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, sin la autorización expresa del titular de los derechos.

Impreso en Colombia • Printed in Colombia



Índice general

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1. Introducción	13
1.0.1 Gradiente social	14
1.0.2 Estrés	15
1.0.3 Primeros años de vida	16
1.0.4 Exclusión social	18
1.0.5 Trabajo	19
1.0.6 Desempleo	20
1.1 Multidimensionalidad, bienestar y desarrollo humano	21
1.1.1 Concepto de capacidades	21
1.1.2 Medición del enfoque de capacidades (no capacidad)	22
1.1.3 Desarrollo humano	22
1.1.4 Análisis tradicional versus análisis de capacidad	22
1.2 Valoración multidimensional para determinantes sociales	24
1.2.1 Tableros de control	25
1.2.2 Indicadores múltiples	25
1.2.3 Dominación	26
1.2.4 Conjuntos difusos	27
1.2.5 Axiomático y conteo	27

1.3 Índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI, 1960) versus índice de pobreza multidimensional (IPM, 2010)	29
1.4 Salud y derechos humanos	31
1.5 Conclusiones	35

CUANTIFICACIÓN DESDE LA LÓGICA DIFUSA

1.6 Introducción	39
1.7 Valoración multidimensional a partir de los conjuntos difusos	39
1.8 Selección de las funciones de membresía para conjuntos difusos en la determinación del bienestar desde el enfoque multidimensional	41
1.8.1 Situación educativa	41
1.8.2 Situación sanitaria	42
1.9 Agregación y cuantificación multidimensional	45
1.10 Sistema de información	45
1.11 Análisis y discusión de resultados	46
1.11.1 Análisis de membresía del subconjunto IMDESS medio-alto	49
1.11.2 Análisis de membresía del subconjunto IMDESS medio	51
1.11.3 Análisis de membresía del <i>crisp</i> IMDESS Alto	53
1.11.4 Análisis de membresía del subconjunto IMDESS bajo	54
1.11.5 Estudio de caso en el departamento de Risaralda	56
1.11.6 Método y sistemas de información	57
1.11.7 Modelo Kriging Universal	57
1.12 Análisis y discusión de resultados	58
1.12.1 Conclusiones	62

CUANTIFICACIÓN AXIOMÁTICA

1.13 Estratificación social y vulnerabilidad diferencial	65
1.13.1 Introducción	65
1.13.2 Condicionantes sociales de las disparidades en salud	69
1.13.3 Estratificación social	70
1.13.4 Exposición diferencial	71
1.13.5 Vulnerabilidad diferencial	72
1.13.6 Conceptualización y fundamentación del índice multidimensional de los determinantes sociales del bienestar de la salud desde una aproximación del bienestar, bajo el enfoque axiomático	74
1.14 Sistema de información	75
1.14.1 Información demográfica a nivel de individuo	76

1.14.2. Información relacionada con la vulnerabilidad socioeconómica social	76
1.14.3 Información relacionada con la salud a nivel individual	77
1.15 Análisis y discusión de resultados	77
1.15.1 Conclusiones	85
2. Disparidades y determinación social de la salud usando técnicas de la complejidad	87
2.1 Introducción	87
2.2 Fuentes de información	91
2.3 Métodos y resultados	92
Construcción de las redes complejas	93
2.3.1 Análisis de la evolución de la morbilidad y sus determinantes en la población clasificada por el Sisbén I-II	99
2.3.2 Detección de comunidades	103
2.3.3 <i>Motifs</i>	105
3. Anexos	111
Referencias	117
Sobre los autores	131
Índice	133



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1. Introducción

El ejercicio de realizar una intervención en los procesos de salud implica la conocida sentencia, emitida por la Organización Mundial de la Salud, de comprender que dicho fenómeno no solo alude a la ausencia de la enfermedad, sino a la armonización plena e integral de tres dimensiones fundamentales de lo humano: lo biológico, lo psicológico y lo social; el anudamiento de tres registros dimensionales conocido como un eje biopsicosocial [1].

La salud, como apuesta del bienestar humano, implica una armonización del sujeto con el cuerpo como construcción simbólica del organismo, con la subjetividad como herencia histórica de su ser, y con su contexto natural de orden sociocultural donde se establecen vínculos con otros de su especie y de otras especies. De la salud pública se espera, en gran medida, que considere los aspectos mencionados para generar apuestas no solo comprensivas, sino de intervención, las cuales contribuyan a dicha armonización e integralidad. El horizonte promovido es el desarrollo de políticas y acciones promotoras del desarrollo humano integral, a la luz del bienestar como concepto ético, político y leído en clave de libertad en el ejercicio de las elecciones autónomas de los sujetos.

Uno de los aspectos más complejos a abordar, en materia de salud pública, es la relación posible entre los diferentes componentes sociales con los estadios de la salud de los individuos o grupos de individuos al interior de un territorio [2]. Dentro del recorrido por comprender las implicaciones de lo social en los fenómenos de la salud, vale la pena recordar a Wilkinson y Marmot [3], quienes, a través de evidencia empírica y sólida, presentan las relaciones entre las tasas de mortalidad y morbilidad con un mayor grado de concentración en la

clase social menos favorecida económicamente. Este aspecto motivó la consideración de diez aspectos de la vida social como condicionantes externos al sujeto, que tienen relación con sus respectivos estados de salud, a saber:

1. Gradiente social.
2. Estrés.
3. Primeros años de vida.
4. Exclusión social.
5. Trabajo.
6. Desempleo.
7. Apoyo social.
8. Adicción.
9. Alimentación.
10. Transporte.

1.0.1 Gradiente social

El gradiente social es una medida que permite cuantificar los cambios relacionados con los aspectos sociales y económicos, puesto que estos, en su interrelación natural, pueden afectar las condiciones de salud de los individuos. Al respecto, en [4] se menciona que estos gradientes pueden ser valorados como un cambio en el ingreso y la educación para obtener un rango de resultados en salud que incluye mortalidad, incidentes de enfermedades cardiovasculares, artritis, diabetes, asma, cáncer cervical, depresión y discapacidades de diferente índole

en niños, adolescentes y adultos mayores. En algunas investigaciones, relacionadas con la determinación y disparidad en la salud [3, 5], se ha logrado establecer una fuerte asociación entre la población con bajos niveles de ingresos y educación y la aparición de enfermedades nocivas o su exacerbación, representada en el recrudecimiento de sus síntomas negativos. Además de estos elementos, en [5] proponen que estos gradientes no puedan ser resumidos en estos dos componentes, puesto que, aunque son las causas de mayor visibilidad, sus elementos emergentes son generados principalmente por cuestiones estructurales que agudizan estas desventajas. Incluso pueden perpetuarse en el tiempo, desde su nacimiento, y trascender de generación en generación entre los individuos o grupos de individuos, estado que se conoce como *entrapamiento* [6]; este fenómeno no puede ser erradicado sin una ayuda exógena conducente a encaminar condiciones de posible establecimiento en línea con las políticas públicas en salud. En este mismo orden de ideas, algunos autores [3, 4] mencionan que este entrapamiento se relaciona, de manera directa, con la limitación de los funcionamientos y las capacidades que facilitan la configuración de un alto nivel de bienestar [7], el cual propenda, además, por el desarrollo humano que, desde una perspectiva mucho más holística, compromete una visión no solo individual, sino grupal y social del desarrollo.

1.0.2 Estrés

El desarrollo de apartados investigativos relacionados con los procesos sociales de la salud comprende que los procesos de determinación social de la salud no solo tienen que ver con un impacto a nivel biológico, psiconeuroendocrinoinmunológico de la enfermedad y sus atenuantes, sino que requiere una apuesta por dimensionar la relación de todos los aspectos sociales que han estado presentes en los individuos. Estos aspectos pueden desarrollar o atenuar trastornos mentales, discapacidades, malos estilos para sobrellevar y superar las enfermedades. El estrés, en línea con lo propuesto por [2], se comprende como un afectador de las vulnerabilidades psicosociales propias de una persona o un grupo de personas, las cuales pueden ser comunes para ciertos grupos, pero con diferentes desenlaces para cada uno de ellos. El impacto

del estrés, como fenómeno clínico, es atenuado por las condiciones que relacionan la ansiedad, la respuesta a la privación de factores básicos de bienestar y los aspectos motivacionales para el desarrollo de condiciones favorables para el desarrollo humano integral. Es clara la relación actual entre una serie de enfermedades como la hipertensión, el cáncer, la diabetes, la susceptibilidad a enfermedades infecciosas, como otros sucesos relacionados con accidentes cardiocerebrovasculares, con la existencia de un sujeto estresado y las condiciones desfavorables, a nivel del contexto psicosocial, que no permitan el desarrollo integral y armónico del bienestar.

Las condiciones sociales, económicas, políticas y culturales se traducen, aunadas a la disminución de procesos determinantes como el conflicto armado, en una serie de elementos que, desde una perspectiva sistémica, integral y, por qué no, hasta sistemática, atenúan los procesos de estrés que elevan la carga de la enfermedad. La salud pública, según los determinantes sociales de la salud, debe comprender que la incidencia en procesos de gobernanza en salud se traduce en la apuesta en marcha de planes, estrategias y políticas, con las cuales poder dinamizar procesos de armonización de la salud con justicia social.

1.0.3 Primeros años de vida

El desarrollo de la primera infancia comprende la posibilidad de estructurar una serie de elementos a nivel del funcionamiento cognitivo, evolutivo e integral, no solo a nivel neurofuncional, sino de todo el organismo. Esto implica pensar en las condiciones por las cuales el sujeto instaura un desarrollo a nivel orgánico y en los procesos a nivel afectivo, emocional y de personalidad, los cuales son estructurantes fundamentalmente en los primeros años de vida.

Los condicionantes de la infancia y su desarrollo humano integral son una condición diferenciadora de la especie humana, que se relacionan, justamente, con una condición de codependencia, en los primeros años de vida, del dispositivo familiar o social, el cual garantice la satisfacción plena de las condiciones básicas de cuidado, alimentación y bienestar integral. La salud, en la primera infancia, compromete una

puesta en marcha por la consolidación de un vínculo bastante particular entre los procesos de corresponsabilidad familia, sociedad y Estado.

El desarrollo de la primera infancia, a la luz de los determinantes sociales de la salud, implica considerar la relación existente entre el sujeto, aún antes de su nacimiento, y sus condiciones sociales, en las cuales se establece un proyecto de vida familiar. Condiciones del antes mencionado entrapamiento al que el individuo puede estar sujeto aún antes de su concepción como son los ideales y condicionantes psicológicos de sus padres y el contexto sociocultural. Así mismo, se asume la responsabilidad de pensar qué sucede en la etapa prenatal e infancia y su influencia en las condiciones de salud en la edad adulta. En la aproximación desde la perspectiva social de la salud, han de considerarse aspectos propios como el enfoque étnico, el origen territorial, la vulnerabilidad psicosocial, entre otros, para poder cruzar indicadores sobre la afectación a la primera infancia, que, a la luz de la evidencia epidemiológica, generan un especial interés de atención por la población indígena y de procedencia rural.

El proceso de desarrollo armónico integral en la primera infancia, cruzado con los condicionantes de la salud en dicho período, debe contemplar acciones para evitar procesos en carga de enfermedad transmitida por vectores, infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedad diarreica aguda (EDA), contagio perinatal de enfermedades infectocontagiosas como la sífilis congénita, muertes por mala praxis en partos no asistidos a nivel hospitalario, discapacidades evitables, deficiencias cognitivas por mala nutrición, entre otra serie de afectaciones posteriores a nivel mental y psicológico, causadas por patologías de relacionamiento familiar en entornos psicosociales vulneradores o amenazantes.

Los determinantes sociales de la salud alrededor de la primera infancia y previos a la concepción, como la accesibilidad a servicios integrales de salud para el establecimiento de controles prenatales, propician el riesgo o no de tener una mala salud u otras condiciones físicas que se puedan agudizar con la situación socioeconómica de los individuos, especialmente si están en condiciones de pobreza. Esta condición de vulnerabilidad económica no solo está sujeta a la configuración de un escenario hostil en los primeros años de vida, sino que su perpetuidad

afecta considerablemente todos los componentes sociales que tienen impacto en el bienestar de los individuos al largo plazo.

Lo anterior implica, además, reconocer la necesidad de proponer políticas sociales integrales e integradas que favorezcan el ciclo vital de las personas, aún previo a su nacimiento, bajo la necesidad de pensar en la infancia en calidad de sujetos de dignidad, propensos a la superación de entrapamientos de toda índole. La infancia debe tenerasegurados los derechos para garantizar su goce efectivo y el más alto nivel de salud.

1.0.4 Exclusión social

Los procesos que permiten consolidar las acciones sinérgicas de los sistemas sociales implican el reconocimiento de actores y los sistemas de creencias estructurados en prácticas sociopolíticas y económicas, manifestadas en las culturas. Dichos procesos se establecen a la luz de la participación de actores, mediados a su vez por la organización de colectivos familiares, educativos, laborales, gremiales, sociales, políticos, y hasta religiosos.

La convivencia y la generación de vínculos sociales son condiciones *sine qua non* para la supervivencia humana. Son inherentes a las prácticas de organización social, que permiten, a su vez, la proliferación y transmisión de creencias, identificaciones simbólicas y prácticas culturales, asuntos que no excluyen a la salud como fenómeno de participación social. La inclusión, en el sentido de lo humano, es una forma de hacer frente a la necesidad de identidad, que genera una profunda impronta en las figuras psicológicas más primarias de la vida y existencia humana. Sin embargo, los fenómenos humanos no siempre garantizan el bienestar e involucran sentimientos de altruismo.

La exclusión social [8] y los factores privativos que la propician tienen consecuencias en la salud y, en ocasiones, la muerte. Bajo este condicionante, se puede explicar la incidencia de algunas causas descritas con anterioridad: primeros años de vida, situaciones de agudización de los gradientes sociales y desempleo. El desarrollo de acciones que derivan en la negación de derechos, la vulneración de las acciones de

dignidad en salud y la precariedad en el goce efectivo de los derechos se consolidan, entonces, como formas de exclusión social que desfavorecen la calidad de los procesos en salud, tanto a nivel individual como a nivel de los diferentes grupos sociales organizados e identificados.

1.0.5 Trabajo

Históricamente, las condiciones laborales se han definido como prácticas humanas intencionadas que están mediadas por motivaciones y determinaciones de índole económica y política. El papel del trabajo en la transformación del sujeto se concibe, desde toda perspectiva social, como un elemento condicionante de su dignidad y que garantiza su desarrollo humano integral. Para reducir la configuración del trabajo como determinante social de la salud, es necesario establecer condiciones favorables en las organizaciones a partir de la promoción de prácticas laborales saludables en el marco de bienestar entre los colabores, sus grupos familiares y contexto social más inmediato.

El desarrollo de prácticas laborales sanas implica comprender, además, cómo las tareas laborales inciden en la fisionomía, organismo, disposición afectiva y emocional de los sujetos, que, a su vez, se perfilan según el tipo de actividad que desarrollan. Los fenómenos de la vida laboral se encuentran directamente vinculados a la concepción de dignidad y bienestar. Su óptimo desarrollo hace pensar en el trabajo como una herramienta que desarrolla las capacidades y las funcionalidades de los sujetos y colectivos humanos, conducentes al desarrollo humano integral. Se entiende, además, que dichos procesos están mediados por las condiciones y concepciones de los Estados, que son garantes en calidad de sistemas de gobierno y generadores de políticas públicas con miras a armonizar lo económico, lo social y el desarrollo integral de la cultura.

Así mismo, en clave de salud y para desarrollar a plenitud sus actividades laborales, las personas requieren de condiciones especiales que incidan considerablemente en la libertad laboral y el bienestar de los individuos. Asunto que, de no ser tenido en consideración, puede

aumentar el riesgo de padecer enfermedades musculares, óseas y psicológicas como el reconocido síndrome de *burn out* por estrés laboral.

Las dinámicas de organización laboral implican el reconocimiento de grupos de personas organizados según intereses, prácticas y sistemas de creencias, donde se encuentran dinámicas de poder entre líderes y subalternos, con estilos de gerencia particulares y motivaciones que inciden en la sensación y percepción del bienestar laboral. En cuanto a las enfermedades que tienen mayor frecuencia en estos grupos, se encuentran las cardiocerebrovasculares que pueden acentuarse con mayor ahínco cuando confluyen en gradientes sociales desfavorables.

1.0.6 Desempleo

Tal como se ha propuesto en el marco de los determinantes sociales de la salud, el ejercicio de las condiciones psicosociales claramente define, en gran medida, los procesos de adquisición o desarrollo de enfermedades, o las condiciones que pueden exacerbar o desarrollar patologías. Así mismo, dichos condicionantes pueden además promover acciones de mantenimiento frente al proceso de armonizar procesos de desarrollo humano integral. El trabajo, tal como se ha propuesto, implica en el caso ideal, con justicia y dignidad, un factor de protector de la salud para la persona y su grupo social de referencia, llámese familia o comunidad.

De la misma manera, el desempleo se traduce en una ausencia de las condiciones con las cuales la persona tiene la alternativa de encontrar los medios legales, justos y dignificantes para suplir sus necesidades básicas de supervivencia, su calidad de vida y su posicionamiento social, personal, familiar y de su grupo social de referencia. El desempleo se convierte en un determinante social de la salud en la medida en que limita el acceso a los servicios de salud o las condiciones mínimas de bienestar para su propia persona y para todo su núcleo familiar, en caso de que esté bajo su dependencia.

1.1 Multidimensionalidad, bienestar y desarrollo humano

Una de las primeras aproximaciones multidimensionales fue propuesta por [9], la cual mencionaba que la pobreza debe medirse desde una condición multidimensional y bajo un enfoque axiomático. Esto implica, a juicio de quien escribe, que puede establecerse una serie de elementos relacionados con el fenómeno de la salud y la pobreza, al entender que las acciones por parte de los prestadores, aseguradores y todos los demás entes rectores del sistema de salud deben propender por la atención integral del fenómeno de la salud, bajo el paradigma del bienestar y el desarrollo humano de potencialidades, para superar condiciones propias de vulnerabilidad de distinta índole.

El desarrollo humano, pensado desde la perspectiva de una economía alternativa como la antes mencionada en [9] o como en [10], es decir, como un desarrollo sostenible a escala humana, es una apuesta por pensar las condiciones desde las cuales hacer énfasis en el desarrollo de potencialidades y no solo detenerse en las precariedades o condiciones faltantes para lograr algo. El desarrollo humano en el contexto de la salud implica, entonces, la comprensión integral de lo que para la OMS es bienestar biopsicosocial, entendido como una serie de elementos que se presentan de manera contingente y se reflejan en el desarrollo de potencialidades favorables y estabilizadoras en la persona, su familia y su comunidad.

1.1.1 Concepto de capacidades

El concepto de capacidades dado por [9] es un marco teórico moral, pues propone que los acuerdos sociales deben ser evaluados de acuerdo con la libertad de la persona para lograr los funcionamientos que ellos valoran. Las capacidades son funciones que permiten a las personas *ser o hacer*, enfocado en la libertad de elección.

La economía tradicional busca la libertad de elección entre bienes de consumo. En contraposición, [11, 12, 7] proponen una economía en relación con la libertad que se presenta como una autodirección auténtica. Presentan dos aspectos importantes (agencia y capacidades).

Dicho enfoque está centrado en la persona, busca que la misma sea promotora de su propio bienestar y promueve condiciones éticas y morales de la persona.

1.1.2 Medición del enfoque de capacidades (no capacidad)

La medición del enfoque de capacidades (no capacidad) implica comprender esta como una alternativa de elección libre, mediada por factores culturales, medioambientales, condiciones físicas y de seguridad, que permiten el empoderamiento de la persona mediante acciones de agencialidad. Agencia, entendida como lo que más desea la persona y empoderamiento, que es el poder para alcanzar las cosas que desea en la vida. La teoría de las capacidades busca propiciar las circunstancias para la realización de las aspiraciones personales. El enfoque va más allá del mero desarrollo de talentos y habilidades.

1.1.3 Desarrollo humano

El desarrollo humano es la expansión de las libertades de las personas para vivir una larga vida, saludable y creativa, de alcanzar metas valiosas para las personas, de participar activamente en el desarrollo sostenible y equitativo del planeta. Por tanto, la cuantificación de estas condiciones a través de índices debe estar sujeta a un enfoque de construcción interdisciplinario y multidimensional (cuantitativo y cualitativo) para lograr incorporar los aspectos epistemológicos que sustenta su medición, puesto que el concepto de desarrollo humano es más amplio que el índice de desarrollo humano.

1.1.4 Análisis tradicional versus análisis de capacidad

- La pobreza y la desigualdad deben asumirse de manera multidimensional: “Alcanzar un orden completo no puede ser un requerimiento previo de la legitimidad de un principio moral” [9, p. 201].

- Estudios sobre la hambruna: “No es la escasez del recurso, sino la distribución del mismo” [13].
- “Las hambrunas no existen en países democráticos o con libertad de prensa”.
- Medición de pobreza y desigualdad: el análisis tradicional lo mide según la capacidad de ingreso para sostener un grupo familiar.

1.2 Valoración multidimensional para determinantes sociales

La valoración multidimensional es una técnica fundamentada en la cuantificación de las capacidades y funcionamientos definida en [11]. La explicación, la descripción y el análisis de la pobreza, inequidad y desarrollo humano como se presentan en [11], [12] y [7] está en evaluar la ausencia simultánea de componentes básicos para el bienestar de los individuos, los cuales han sido de gran utilidad para la construcción de la valoración de la multidimensionalidad de la pobreza, principalmente. Dentro de los principales enfoques metodológicos se destacan: indicadores múltiples, dominación, conjuntos difusos, conteo y axiomático. Sin importar el tipo de énfasis metodológico, la notación básica para la valoración multidimensional se presenta a continuación:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1d} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2d} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nd} \end{pmatrix} \quad (1.2)$$

Donde las “dimensiones”, según [14], son los componentes básicos que debe tener un individuo para desarrollar las capacidades y funcionamientos con el fin de configurar y seleccionar altos niveles de bienestar. Cada dimensión está compuesta de una serie de indicadores con el objetivo de realizar su valoración, por tanto, los valores X_{ij} son el logro de un individuo i en la dimensión j . Como el objeto de las medidas multidimensionales es valorar el grado de privación simultánea de un individuo(s) u hogar(es), el vector $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_d)$ es el punto de corte para establecer la privación de un individuo (s) o hogar(es) en la dimensión j , con $j = 1, 2, 3, \dots, J$. Algo importante que se debe considerar para la construcción de la matriz X es que, como se trata de todas las combinaciones de logro que pueden tener los N individuos u hogares, $X_j \geq 0$, condición que también aplica para los elementos que componen el vector de privación Z . Hasta el momento estas definiciones son comunes para los diferentes enfoques de valoración

multidimensional, no obstante, los criterios de identificación y valoración son totalmente diferentes, situación que, a su vez, incrementa los criterios de aceptación o exclusión entre las propuestas metodológicas de cada enfoque.

1.2.1 Tableros de control

Es una herramienta que une varias medidas unidimensionales de valoración de la pobreza o vulnerabilidad con el objetivo de ampliar sus dimensiones de cuantificación. Dentro de los modelos más significativos desarrollados bajo este enfoque se resaltan [15], quienes construyeron un modelo basado en necesidades básicas a partir de la multidimensionalidad como una medida sintética de las privaciones simultáneas en individuos o hogares. En [16] se usó este enfoque para valorar el acceso a los bienes y su distribución sin utilizar exclusivamente indicadores de ingresos, lo cual permitió establecer aproximaciones cuantitativas sobre la distribución de los indicadores de acceso a nivel intrahogar. Por último, se destaca el aporte del enfoque en la construcción de los objetivos del milenio y en el seguimiento y desempeño temporal definido para su ejecución.

La desventaja del uso de estos métodos es la heterogeneidad de la información que lo compone, situación que dificulta la identificación detallada de los aspectos privativos de cada uno de los individuos y hogares, como también los traslapes que pueden darse entre las dimensiones. Por ejemplo, aquellos individuos o hogares con el mismo nivel de privación no necesariamente carecen en los mismos indicadores de las mismas dimensiones, elementos que conducen a la mala generación de programas de intervención o políticas públicas.

1.2.2 Indicadores múltiples

La técnica de indicadores múltiples es similar a la de los tableros de control, pero con la asignación de factores de importancia, reflejados en un peso porcentual (acorde con la importancia) a la dimensión. De esta manera, se pueden diferenciar de algunos logros en conformidad con su posibilidad de direccionar un bienestar y progreso social de los

individuos u hogares [17]. Dado un conjunto de índices dimensionales de privación P_j (como en los tableros), estos se agregan para obtener un índice compuesto como:

$$C_i = P_1 \times P_2 \dots P_d \rightarrow R \quad (1.2.2)$$

Con la valoración de C_i , se evade el problema de la riqueza que poseen los tableros de control, puesto que la medida agregada está influenciada directamente por la importancia porcentual del indicador, esto evita que las altas valoraciones de indicadores pocos relevantes afecten la medida consolidada. Pese a esta gran utilidad, generada por la valoración mediante el enfoque de indicadores múltiples, los efectos de la distribución conjunta son ignorados, es así como los indicadores pueden tener diferentes poblaciones base y puede que los datos provengan de diferentes fuentes.

Dentro del contexto de la valoración múltiple también se encuentran otras métricas, como lo son los diagramas de Venn, los cuales, a través de elementos de la teoría de conjuntos, permiten estudiar las privaciones simultáneas en dimensiones. Una de las principales dificultades que tiene este método es que no se puede construir una medida sintética, con lo cual el análisis de privaciones se convierte en una actividad subjetiva.

1.2.3 Dominación

La dominación es una aproximación que se nutre considerablemente de las distribuciones de probabilidad de cada una de las dimensiones y, a partir de sus intersecciones, se pueden valorar los impactos positivos y negativos que tiene la multidimensionalidad de indicadores promotores del bienestar y el desarrollo humano. De esta manera, este enfoque contribuye, en gran medida, a edificar afirmaciones de la pobreza y la vulnerabilidad, y facilita la incorporación de datos discretos y continuos para mitigar los efectos de las controversias, implícitas al interior de las capacidades y funcionamientos. La dominación, al igual que los tableros de control, no cuenta con una medida sintética, no tiene jerarquía —generada por la asignación porcentual de las

dimensiones— con lo cual se reduce su aporte en la valoración de la pobreza y la vulnerabilidad socioeconómica principalmente.

1.2.4 Conjuntos difusos

Esta es una técnica que permite ampliar el espectro de clasificación e identificación de las personas u hogares privados, y logra, así, romper el paradigma dicotómico de privado y no privado; de esta forma la regla se flexibiliza. Por ello, la utilización del enfoque difuso en esta valoración no consiste en clasificar a “pobre” y “no pobre”, “privado” y “no privado”, “vulnerable” y “no vulnerable”, sino que permite tener varios “grados de pertenencia al conjunto de pobres, privados o vulnerables” [14].

$$f_c: \mathbb{Q} \times \mathbb{Z} \mapsto [0,1] \quad (1.2.4)$$

Con la identificación de los conjuntos difusos se puede construir una función de membresía m para cada una de las dimensiones, la cual considere tanto información real de indicadores y criterio de expertos, como otro tipo de herramientas que permiten mitigar la carencia e incertidumbre de la información, en el momento de valorar el grado de privación.

Una vez valorados estos aspectos, se procede a generar elementos de agregación con técnicas de defuzzyficación, como por ejemplo el de los centroides para generar medidas agregadas y sintéticas. A pesar de ser potente para la valoración multidimensional, en cuanto a los aspectos de identificación, debe recurrirse a técnicas estadísticas para garantizar la robustez de la estimación, la cual resulta cada vez más compleja en cuanto el grado de incertidumbre aumenta.

1.2.5 Axiomático y conteo

Esta es una de las valoraciones más importantes en la cuantificación multidimensional de la pobreza y la vulnerabilidad. Su principal fundamento es garantizar una estructuración muy robusta, en el sentido de que los cambios, entendidos como logros de las personas, conduzcan a

escenarios de bienestar idóneos y sostenibles. Por esta razón se ha decidido, para la presente investigación, utilizar este enfoque para la valoración de los determinantes sociales. A continuación, se presenta la forma como se identificarán las personas vulnerables a partir de su grado de privación en asocio con el conteo estadístico y con la articulación de los aspectos de vulnerabilidad diferenciada, ampliamente tratados en [18].

Identificación

El proceso de identificación depende en gran medida del objetivo de estudio, puesto que las medidas multidimensionales son utilizadas para las mediciones de pobreza [19], vulnerabilidad [20] e inequidades desde la perspectiva de la pobreza multidimensional [21]. En el caso de la pobreza, la definición más frecuente es:

$$\rho(X_p, z) = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ es multidimensionalmente pobre} \\ 0 & \text{si } i \text{ no es multidimensionalmente pobre} \end{cases} \quad (1.2.5)$$

Criterio de unión

Los criterios de unión, en el enfoque axiomático, permiten establecer valoraciones agregadas por dimensiones e indicadores. Para lograr estos criterios de unión se debe garantizar la independencia entre los indicadores y las dimensiones que componen la valoración del índice. En otras palabras, a este indicador sintético se le pueden articular algunas propiedades básicas de la probabilidad para edificar propiedades en la conjunción de eventos.

Criterio de intersección

Al igual que los criterios definidos en el apartado anterior, para la valoración multidimensional con este enfoque es posible generar intersecciones de individuos u hogares que compartan algunas características privativas, en términos de los indicadores, dimensiones o variables externas como ubicación geográfica, grupo étnico / racial, entre otros.

1.3 Índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI, 1960) versus índice de pobreza multidimensional (IPM, 2010)

El desarrollo de las apuestas sociales y económicas, históricamente, ha tenido por iniciativa comprender las condiciones macro y microeconómicas con las cuales hacer frente a las dinámicas de una población en un contexto social determinado. El problema de la pobreza ha sido objeto de especial interés para la economía como disciplina social, en la medida en que se traduce en un factor determinante de las condiciones de bienestar humano.

En la época reciente, las condiciones del abordaje del fenómeno de la pobreza han representado una serie de iniciativas de orden interdisciplinario que han implicado, además, la evolución de formas, conceptos y técnicas desde las cuales concebir, no solo la dinámica estructural del mismo, sino además, procesos y procedimientos que realmente consideren las condiciones de impacto en las dinámicas humanas. La pobreza implica comprender, entonces, la ausencia de medios o mecanismos para satisfacer necesidades básicas y, también, la necesidad de comprender cómo estas ausencias impactan en los desarrollos humanos y sociales.

Amparada bajo lógicas econométricas clásicas, la pobreza ha sido abordada en el Estado colombiano antes del 2016 desde una perspectiva típicamente monetaria que pretende determinar las variables que inciden en la capacidad de ingreso presentes en determinados grupos poblacionales. El índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI) ha sido el bastión preponderante de entidades como el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas de Colombia (DANE), por el seguimiento de políticas globales de entidades como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) [22, 23] que, unidas a iniciativas de la Organización de las Naciones Unidas, proponen procesos para incidir en la calidad de vida de las poblaciones.

El proceso de medición de la pobreza, desde la perspectiva de la capacidad de ingreso, incide en la aproximación sobre la capacidad de

usufructuar bienes y servicios, que se ven representados en diferentes componentes de referenciación económica como la canasta familiar básica; es decir, es pobre quien no tiene los medios para acceder a la satisfacción de sus necesidades básicas [24]. De igual manera, es importante reconocer cómo, desde las condiciones de medición del NBI, se tienen en consideración aspectos tales como el acceso a la vivienda, el acceso a servicios sanitarios, el acceso a educación, la capacidad económica, y la relación que tiene la persona o población para acceder a estos.

Tradicionalmente, la pobreza ha implicado una forma de concebir la capacidad que tiene la persona o grupo de personas para acceder a una suma de condiciones generadoras de bienestar y que implican, justamente, la posibilidad de subsistir, suplir sus necesidades básicas para la vida y la capacidad de percibir injusticias e inequidades, propias de la persona o población que hace de la privación relativa una condición a tener en consideración.

El desarrollo de todo el proceso econométrico, en cuanto al abordaje de la pobreza desde las NBI, ha implicado entonces una apuesta centrada en la medición de la capacidad de ingreso. La pobreza implica, bajo esta perspectiva, que elementos específicos como el hambre estén determinados por la ineficiencia en la repartición de recursos entre las personas o las poblaciones, asunto que conlleva comprender quiénes son los actores que inciden en dichos procesos de orden social, e inicia la puesta en marcha de procesos y exigencias ante la organización de grupos poblacionales en estructuras como el Estado, los territorios y las localidades.

Los procesos establecidos bajo la perspectiva de las NBI asumen como unidad global de medida a los hogares y su capacidad de ingreso, establecida bajo condiciones monetarias que, se estima, son la forma a través de la cual se pueden suplir las necesidades. Desde allí, el énfasis en considerar factores como el producto interno bruto (PIB) y el ingreso per cápita. Estas unidades funcionales a nivel económico se traducen en favorecimiento de los procesos de medición que, en el caso de Colombia, son medidos en línea al salario mínimo mensual legal vigente (SMLV).

Todo lo anterior promueve, además, reconocer que esta alternativa, usada por diferentes Estados a nivel mundial, garantiza una forma de medir que moviliza acciones de política pública. Estas apuntan a la organización de estrategias y mecanismos con los cuales mejorar

las condiciones y garantías de las necesidades individuales y colectivas de la población, y configurar así una apuesta global por las satisfacciones particulares.

Sin embargo, se ha interpretado a la fecha que dicha perspectiva de medición solo tiene en consideración una perspectiva monetaria y unidimensional de la pobreza, que alude a la capacidad de ingreso. La pobreza, en relación con sus implicaciones, no solo se traduce en una perspectiva dada en la capacidad del ingreso, sino, además, en la necesidad de considerar una serie de dimensiones extra que afectan directamente la calidad de vida de las personas y el desarrollo humano de los pueblos.

Propuesto por la Organización Mundial de las Naciones Unidas [25] en alianza con la Iniciativa de Pobreza y Desarrollo Humano de Oxford, el índice de pobreza multidimensional [17] pretende consolidarse como un esfuerzo por comprender la incidencia de una serie de dimensiones en los procesos de pobreza y afectación poblacional. Contempla, a diferencia del índice de NBI, dimensiones como la educación, la asistencia sanitaria y salud, la calidad de vida y el bienestar social.

Es importante reconocer que no existe un método único, cerrado y ciento por ciento fiable para la medición de la pobreza. Lo interesante del ejercicio de medición, a través del índice multidimensional, es que la iniciativa no se centra en contabilizar a los pobres, sino en generar acciones que contemplen cómo se afectan dimensiones básicas de las personas, que, en virtud de sus necesidades, promueven el desarrollo de sus capacidades y funcionalidades [26], las cuales se permiten el empoderamiento y promueven el desarrollo humano.

1.4 Salud y derechos humanos

El goce máximo de salud es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano [27]. La iniciativa de reconocer la salud como condición inherente del colectivo humano implica generar una serie de acciones articuladas que reconozcan las implicaciones fundamentales de saberse vivo y, en sintonía con dicho ejercicio, permitir generar procesos conducentes a su prevalencia y sostenibilidad en el goce efectivo.

El ejercicio de pensar la salud, aunado a una garantía fundamental de derechos, incide en reconocer que existe una serie de elementos, desde la gobernanza de la salud, que son un principio de universalidad en la búsqueda por garantizar el bienestar humano, entendido como un estado armónico a nivel biopsicosocial. La Organización de las Naciones Unidas [28], consciente de los aprendizajes derivados de los diferentes acontecimientos históricos del mundo, se instaure hacia 1946 al contemplar la necesidad de asumir posiciones prevalentes sobre la dignidad humana y aquellos atributos que hacen al ser humano digno del derecho a gozar de bienestar en su salud, contemplado como uno de los fundamentales. Mediante la Declaración de primeros auxilios de 1978 [29] se estipula una serie de elementos fundamentales en cuanto a la garantía de la salud, que implican reconocer el deber de luchar por el máximo nivel de goce posible en la salud como derecho humano fundamental; la necesidad de instaurar una serie de convenciones internacionales para la disminución del riesgo y el daño en los procesos investigativos con seres humanos; y, por último, contemplar, mediante la declaración de Caracas [30], que dentro de los fenómenos de la salud, la salud mental es un elemento fundamental de todo proceso de intervención continuada que requiere contemplar acciones de integralidad.

El goce del más alto nivel posible de salud implica, entre otros elementos, la necesidad de pensar en el diseño de procesos de intervención desde la salud pública, la salud de todos, en un ejercicio de universalidad, accesibilidad, asequibilidad, integralidad e integración. Los sistemas de salud no solo implican la apuesta por una atención organizacional o administrativa —económica de la salud—, sino que, además, asumen una apuesta por garantizar los derechos fundamentales de las personas, declarados para su dignidad humana.

Las tendencias internacionales, en relación con la gobernanza de los sistemas de salud, implican el reconocimiento de acciones específicas conducentes a pensar en que garantizar la salud es garantizar la dignidad de las personas, independientemente de sus condiciones culturales, políticas, económicas, sociales, y psicológicas. Es, justamente, la unión de esfuerzos humanos, que en sintonía con su libertad, promueve condiciones democráticas a través de las cuales se generan todo

tipo de acciones y recursos que permiten comprender que la salud no solo es la ausencia de la enfermedad, sino la posibilidad de comprender que esta debe conducir a una condición dignificante de bienestar.

Los gobiernos, la sociedad civil organizada y las organizaciones de derechos humanos comprenden que la unión de esfuerzos por la atención integral en salud implica, además, priorizar ciertos grupos poblacionales que requieren especial atención. Para lo cual promueven la implementación de enfoques de intervención por diferentes componentes, como lo son los grupos de atención, el enfoque étnico, el enfoque de atención por ciclo vital, el enfoque por género y otras condiciones propias de perfiles poblacionales altamente vulnerables.

La salud pública comprende que la intervención en procesos de salud requiere establecer la garantía de acciones jurídico administrativas desde las cuales se puedan generar engranajes garantes de procesos asistenciales, tal es el caso de la articulación entre aseguradores y prestadores, mediante procesos de cobertura universal en salud. Además, la salud pública conlleva una conciencia clara de intervención, con la cual las acciones de corresponsabilidad en salud se presentan como la posibilidad sinérgica de asumir procesos de mutua responsabilidad.

Pensar en la garantía del derecho fundamental a la salud requiere no solamente contemplar las acciones, por demás necesarias, de garantizar procesos de sana articulación intrasectorial en salud, sino que, en los procesos de gobernanza en salud, se requiere promover acciones éticas y políticas intersectoriales, donde lo económico, lo cultural, lo científico, y lo social se ponen de manifiesto ante un compromiso plural. Se trata aquí, de asumir responsabilidad, de garantizar un derecho del que, por conexidad con la vida, dependen los demás derechos fundamentales de los seres humanos.

El Estado, como principal consecuencia de la organización de la sociedad civil y representante de la democracia, se ubica como ente regulador de las acciones de dignidad en salud. Tiene por deber proteger, promover y respetar las acciones desde las cuales, el ejercicio de la salud se traduzca en el desarrollo de acciones dignificantes para cada una de las personas miembros de dicha organización. La dignidad se entiende como una condición inherente a las personas, sujeta de manera proporcional a la garantía que el Estado promueve de acciones

para el goce efectivo de sus derechos. La salud y la enfermedad son fenómenos humanos que requieren de la perspectiva de los derechos, justamente para que la dignidad prevalezca.

A continuación se relacionan algunos elementos formales, que fortalecen dichos argumentos:

Instrumentos vinculantes de la ONU-OMS:

1. *Carta de las naciones unidas* (1945) “Instrumento que establece el propósito de lograr cooperación internacional, sin distinción alguna” [27].
2. “Constitución de la OMS” (1946) “Goce del grado máximo de salud que se pueda lograr, sin distinción alguna” [31].
3. *Pacto internacional de derechos civiles y políticos* (1966) “Prohibición de experimentación científica sin consentimiento informado de los individuos” [32].
4. “Derechos económicos, sociales y culturales” (1966) “Determinantes sociales de la Salud”, art 12. Derecho a la salud [33].
5. *Convención contra todas las formas de discriminación mujer* (1979) [34].
6. *Convención sobre los derechos del niño* (1989) “Derechos de los niños para atender atención médica especial, derechos a recibir buen trato digno y oportuno [35].
7. *Convención de derechos de personas con discapacidad* (2006) “Reafirma que las personas con discapacidad tienen derecho a la salud integral, incluso en las áreas de salud sexual y reproductiva” [36].

Instrumentos regionales vinculantes:

1. Carta de la OEA, 1948: “Proclaman derechos fundamentales de las personas sin distinción” [37].
2. *Convención americana sobre derechos humanos*, 1969 [38].
3. “Protocolo de San Salvador”, 1998 [39].
4. *Convención Interamericana para la eliminación de todas las formas de discriminación contra las personas con discapacidad*, 1999 [40].
5. *Convención interamericana para prevenir, sancionar y erradicar la violencia contra la mujer (Convención de Belén do Pará)*, 1994 [41].
6. Principios de la ONU para la protección de las personas con enfermedades mentales y la mejora de la atención de la salud mental, 1991 [42].

1.5 Conclusiones

- Las aproximaciones de cuantificación del bienestar resultan de gran importancia para la construcción de instrumentos de políticas con altos niveles de priorización y diferenciación social.
- La determinación social, valorada desde la perspectiva del bienestar, permite edificar decisiones adaptables a las dinámicas poblaciones del territorio. De manera tal, algunos principios pueden considerarse propios de los comportamientos emergentes en el tiempo, tales como imitación, adaptación y evolución.
- La visión de la determinación social, desde los constructos epistemológicos del bienestar, se asocia de manera eficaz y asertiva con la gestión de modelos integrales de atención en

salud, puesto que permiten dilucidar las condiciones propias del estado de salud de la población, como las carencias estructurales que subyacen o configuran una trampa socioeconómica que agudiza su condición.



1.6 Introducción

La cuantificación de los determinantes sociales de la salud es una apuesta que requiere la integración de varias estructuras metodológicas para lograr la multidimensionalidad que requiere su análisis e interpretación. En este sentido, es importante mencionar cuáles han sido los principales enfoques utilizados en el modelamiento y simulación de estos aspectos. En el primer grupo se encuentran los modelos estadísticos desde la perspectiva clásica, los modelos lineales generalizados logit y probit, cuya aplicación ha estado direccionada en los estudios de determinación social para asociar variables de estatus socioeconómico con la condición de salud. Dentro de algunos hallazgos importantes relacionados con la aplicación de esta técnica, se encuentra la propuesta de un modelo logit en [43], quienes lo propusieron para asociar aspectos socioeconómicos con variables demográficas como la etnia, y, así, encontraron diferentes niveles de intensidad en las complicaciones de salud dentro de un mismo contexto socioeconómico. Este efecto fue denominado por [18] como *vulnerabilidad diferencial*.

1.7 Valoración multidimensional a partir de los conjuntos difusos

Los conjuntos difusos o subconjuntos borrosos fueron creados por [44], y su principal objetivo es inferir en el comportamiento de los fenómenos a través de funciones de membresías, con ello logra extender la visión clásica de los conjuntos (por ejemplo Diagramas de Venn), en la cual se atribuye la presencia o ausencia de un elemento en dicho conjunto para realizar estimaciones multidimensionales; en el caso de los conjuntos difusos, los elementos tienen un valor de pertenencia o membresía elaborados a través de funciones matemáticas (similares

a la funciones de densidad o probabilidad). Estas funciones de membresía pueden ser construidas a partir de criterios de expertos o mediante herramientas estadísticas [45] (especialmente algunos *test*) que permiten establecer comportamiento a priori de algunas variables en un enfoque multidimensional.

Una de las principales diferencias que las aproximaciones difusas tienen para las valoraciones multidimensionales es que permiten generar cortes de privación más finos que los calculados por aproximaciones dicotómicas (del axiomático) y se convierten en un insumo muy importante para el estudio de brechas, como niveles de determinación que son generados por las fallas sociales estructurales. Un ejemplo de esta situación lo menciona [19], cuando se quiere identificar a una persona pobre, puesto que, aunque el individuo pueda estar considerado como pobre, no todo el conjunto de pobres presenta el mismo patrón de privación o el mismo nivel de intensidad. De esta forma, [19] establece que entre los pobres podrían coexistir subestados, tales como muy pobre, medianamente pobre, entre otros, que sean definidos a conveniencia del decisor.

En cuanto a los antecedentes de los trabajos de investigación donde se aplican conjuntos difusos para la valoración de privaciones de capacidades y funcionamientos, se encuentra [46]. Aunque los mejores hallazgos se presentan en la investigación de [48], puesto que lograron implementar análisis y valoraciones de la pobreza multidimensional y unidimensional al articular diferentes *crisp* (subestados) para estudiar tanto las privaciones, como las brechas estructurales subyacentes. Estos resultados inspiraron la construcción de modelos de valoración multidimensional de la pobreza desde la carencia estructural de las capacidades y funcionamientos [48, 49, 50, 51]. Estos métodos clásicos se han convertido en la base fundamental para la construcción de algunos índices multidimensionales muy reconocidos a nivel mundial como en [52, 53, 51, 48, 49, 54, 55]. Incluso algunos investigadores han realizado trabajos comparativos con el objeto de medir la aplicabilidad de esta aproximación en diferentes territorios, como [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63].

1.8 Selección de las funciones de membresía para conjuntos difusos en la determinación del bienestar desde el enfoque multidimensional

Uno de los elementos más importantes para la elaboración de modelos bajo el paradigma de los conjuntos difusos es seleccionar cómo se desea representar los indicadores o dimensiones para valorar la multidimensionalidad del bienestar. Adicional a estos elementos, la importancia de la selección de membresía está en los procesos de fuzzyficación y defuzzyficación. El primero, referido al escalamiento del *crisp* en las condiciones de las variables (ejemplo, alta educación, mediana educación, baja educación) y, el segundo está direccionado a la conversión de estos subestados generados por los *crisp* en valores numéricos definidos en el universo de cada variable (tanto de entrada como de salida) [64]. Para el desarrollo de esta investigación se han privilegiado las funciones de membresía, utilizadas en los trabajos [53, 47, 48, 49, 50, 54, 55], porque recrean mejor las condiciones de [9, 12] en la valoración del bienestar. A continuación, se describen las funciones de [47] que serán el objeto del modelamiento de esta aproximación lineal. La definición matemática es la que se muestra a continuación:

Definición 1.8.1 Suponga que se observa un número de variables categóricas en una muestra de individuos de una población, donde denota el nivel de la variable en el cual observada para el individuo . Se asume que cada variable es dicotómica (únicamente tiene dos valores posibles), con uno de los niveles interpretado como un indicador de pobreza económica. El grado de membresía del individuoésimo en el conjunto de personas pobres, se puede definir como:

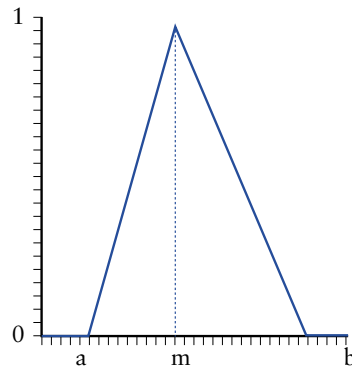
$$\mu_A(i) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k z_{ij} \quad (i=1,2,,n) \quad (1.8.1)$$

donde $z_{ij}=1$ si el x_{ij} correspondiente denota privación y $z_{ij}=0$, en otro caso.

1.8.1 Situación educativa

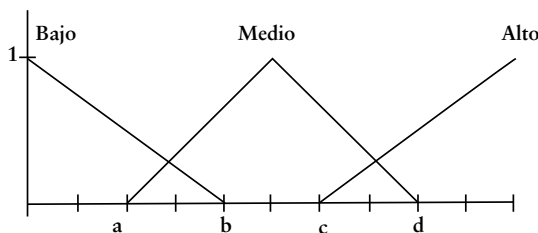
Para la valoración de la situación educativa se seleccionaron los siguientes aspectos: asistencia educativa, alfabetismo y nivel educativo. Para el caso de las dos primeras se consideró una función de membresía triangular como la que se presenta en la fig. 1.

Fig. 1. Función de membresía triangular.



Donde la región conformada por a y b comprende los valores para todas las posibilidades desde una asistencia nula hasta un alto nivel de asistencia. Incluso esta función se puede dividir en *crisp* más pequeños, como, por ejemplo, nivel medio alto de asistencia educativa, nivel muy bajo de asistencia, etc. Para el caso del alfabetismo se manejará una escala similar, iniciando con el nivel mínimo en a hasta llegar a b (pasando por los diferentes estados de alfabetismo). Además de estos aspectos se ha considerado la incursión de componentes relacionados con el nivel educativo, como se presenta a continuación (ver fig. 2).

Fig. 2.



Componentes relacionados con el nivel educativo

La partición del *crisp* será de la siguiente forma:

- $[a, b]$: si no tiene nivel educativo, si no supera la primaria, si es incompleto, hasta llegar a una primaria completa (b).
- $[b, c]$: si tiene desde el bachillerato incompleto hasta una carrera profesional.
- $[c, d]$: si tiene estudios de posgrado incompletos hasta título de nivel doctoral.

1.8.2 Situación sanitaria

Para la valoración del componente sanitario se han priorizado las condiciones de acceso al agua y la disposición de basuras, al configurar los valores de los *crisp* de la siguiente forma:

- Acueducto de tubería (clasifica como nivel alto para valores de ω tales que $c \leq \omega \leq d$).
- De otra fuente por tubería (nivel medio-alto para $\omega : c \leq \omega \leq d$).
- De pozo con bomba (nivel medio-bajo para valores de $\omega : \alpha \leq \omega \leq b$).
- De pozo sin bomba (aljibe, jaguey o barreno clasificada como nivel bajo para $\omega : 0 \leq \omega \leq \alpha$).
- Aguas lluvias (nivel bajo para $\omega : 0 \leq \omega \leq \alpha$).
- Río, quebrada, nacimiento, manantial (nivel bajo para $\omega : 0 \leq \omega \leq \alpha$).
- De pila de agua pública (nivel medio-bajo para $\omega : 0 \leq \omega \leq \alpha$).
- Carro tanque (nivel medio para $\omega : b \leq \omega \leq c$).
- Aguatero (nivel medio-bajo para $\omega : \alpha \leq \omega \leq b$).
- Agua embotellada o en bolsa (nivel medio-bajo para $\omega : \alpha \geq \omega \leq b$).

En el caso de las basuras, la función de membresía definida, con los siguientes niveles de *crisp*, es:

- Por recolección pública (clasifica como nivel alto para valores de $\omega : c \leq \omega \leq d$).
- La arrojan en un río, quebrada, caño y laguna (nivel medio para $\omega : b \leq \omega \leq c$).

- Arrojan la basura en patios, zanjas o baldíos (nivel medio-bajo para $\omega: \alpha \leq \omega \leq b$).
- La elimina de otra forma (nivel bajo para $\omega: 0 \leq \omega \leq \alpha$).
- Una vez creados los niveles de fuzzy de cada uno de los *crisp* de las variables se procede a la construcción del sistema de inferencia de Mandam¹ para configurar las ausencias simultáneas y utilizar los operadores fuzzy para establecer las reglas que configuran estos condicionantes, como lo establece [48, 49, 50] y [47]. Las reglas están compuestas a partir de la siguiente estructura:

$$\text{Si } \mu_{ijd} \cup \mu_{ikd} \text{ entonces } \alpha_{id} \quad (1.8.1)$$

Donde μ_{ijd} es el grado de membresía del individuo u hogar i al subconjunto j que pertenece a la dimensión d , y es el grado membresía del individuo u hogar, i al subconjunto k que pertenece a la dimensión d . Como resultado del operador de unión —para el caso de la lógica difusa la unión es cuantificada como el $\max(\mu_{ijd}, \mu_{ikd})$ —, se obtiene α_{id} , el cual valora la privación simultánea del individuo u hogar i en la dimensión d . Esta operación también aplica a los *crisp* de μ_{jd} , μ_{kd} y α_{id} (los cuales fueron definidos en esta sección y se representaron en las fig. 1 y 2).

Una vez los criterios de unión sean implementados, se procede a la unificación multidimensional de las reglas para generar una medida sintética. Para ello se hará uso de los operadores de intersección presentados en la siguiente sección.

¹ La máquina o sistema de inferencia difusa de Mandami es una técnica que establece, a partir de operaciones de conjuntos, valores de membresía de uno o varios elementos, utilizando reglas de comparación “IF-THEN”.

1.9 Agregación y cuantificación multidimensional

Una de las condiciones más importantes de la multidimensionalidad es la posibilidad de integrar las determinaciones unidimensionales para configurar una aproximación sistémica del bienestar de la salud de los hogares o individuos. Para esta aplicación se tomará el operador de intersección clásico, definido por [44] bajo el sistema de inferencia difusa de Mandami, el cual se presenta a continuación:

$$\text{Si } \alpha_{id} \cap \alpha_{in} \text{ entonces } \alpha_{dn} \quad (1.9)$$

Donde es el grado de membresía del individuo u hogar i a la dimensión d , y α_{in} es el grado de membresía del individuo u hogar i a la dimensión n . Como resultado del operador de intersección —para el caso de la lógica difusa la unión es cuantificada como el $\min(\alpha_{id}, \alpha_{in})$ —, se obtiene α_i , que valora la privación simultánea del individuo u hogar i en las dimensiones d y n . Esta operación también aplica a los *crisp* de α_{id} , α_{in} y α_{dn} .

1.10 Sistema de información

La información utilizada para este modelo es obtenida de las entidades oficiales de Colombia. Para esta primera aproximación solo se utilizó la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) del Departamento Nacional de Estadística (DANE) recolectada entre 2011 y 2016. Esta encuesta cuenta con características sanitarias, educativas y aspectos relacionados con el estatus de salud de personas y hogares que se ubican en la cabecera municipal de los departamentos de Colombia. De esta manera se puede visualizar la situación de la determinación del país o sus departamentos².

² En Colombia a las provincias según la división política administrativa se le denomina departamentos.

1.11 Análisis y discusión de resultados

Para la presentación de los resultados de este trabajo se priorizará el orden cronológico de la determinación. En este sentido, se inicia con la evaluación de los resultados desde 2011 hasta 2016, y se destacan los niveles de intensidad de las privaciones y algunas causas que probablemente han dinamizado este estado. Una particularidad importante de este estudio es que la discusión se dará en dos momentos: el primero a nivel nacional, posteriormente se presentarán los estudios a nivel departamental, en donde se ha priorizado el departamento de Risaralda³.

De acuerdo con las características de los *crisp* y las funciones de membresía de cada una de las variables que fueron definidas para la valoración de los determinantes sociales de la salud, se presentan a continuación los resultados de las privaciones asociadas a las condiciones sanitarias y educativas. Es importante resaltar que, en los conjuntos difusos, todos los elementos (en este caso personas) hacen parte de todos los *crisp* de la variable, pero con diferentes grados o porcentajes de membresía. Por lo tanto,

$$\sum_j \mu_{ij} = 11 \quad (1.11.)$$

Donde J es la cantidad de *crisp* o subconjuntos, y es el grado de membresía del individuo i en el *crisp* o subconjunto j .

Para este caso se han definido tres *crisp* para representar las salidas de la valoración del índice multidimensional de determinantes sociales de la salud (IMDESS), las cuales se presentan a continuación:

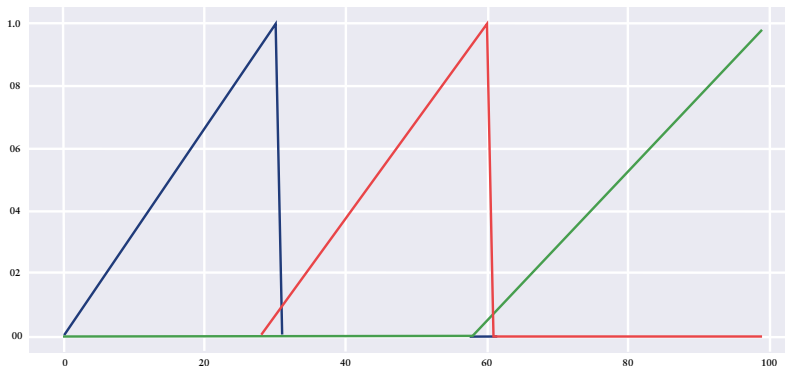
³ La selección del departamento de Risaralda está amparada en la decisión del Ministerio de Salud de seleccionar un lugar piloto para la implementación de varios modelos de atención en salud, por lo cual se escoge Risaralda ya que sus condiciones demográficas y epidemiológicas se acercan a las condiciones promedio del país.

TABLA I.
Tabla de ancho fijo

IMDESS		
<i>crisp</i>	Reglas	Intervalo
Alto	Malas condiciones sanitarias y malas condiciones educativas.	0-0.33
Medio	Buenas condiciones sanitarias y malas condiciones educativas o buenas condiciones educativas y malas condiciones sanitarias.	0.33-0.66
Bajo	Buenas condiciones sanitarias y buenas condiciones educativas.	0.66-1

Como función de membresía se seleccionó la forma triangular, como se presenta a continuación:

Fig. 3. Función de membresía del IMDESS. Los diferentes valores de salida del IMDESS son: alto (azul), medio (rojo) y bajo (verde).

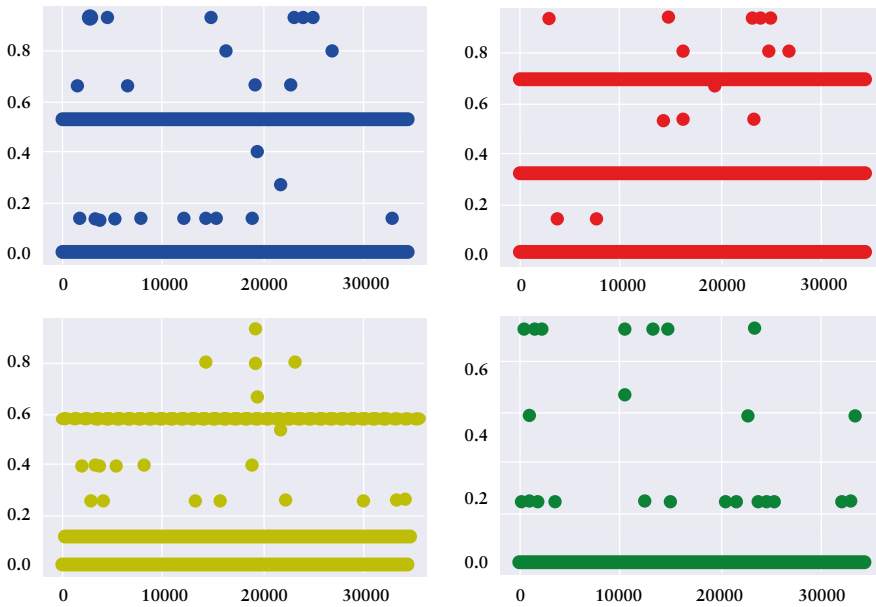


En los niveles presentados en la fig. 3 y en la tabla I vemos que las privaciones con mayor intensidad se encuentran en el nivel alto su reducción se va desarrollando hasta llegar al nivel bajo. Por lo tanto, para lograr capturar todos los posibles estados de privación, se consideran

la superposición de los estados privativos (alto, medio), con lo cual se genera el estado “medio-alto”⁴.

En conformidad con los condicionantes definidos en la sección 1.8.1, 1.8.2 y 1.9, se obtienen los resultados presentados a nivel nacional (la población seleccionada por la encuesta para toda Colombia) en la fig. 4

Fig. 4. Grado de membresía de la población a nivel nacional en los *crisp* del IMDESS. IMDESS alto (azul), IMDESS medio (rojo), IMDESS medio-alto (amarillo), IMDESS bajo (verde).



En los resultados presentados en la fig. 4 se observa que la mayor parte de la población (utilizadas en la muestra de la encuesta) se ubica entre los *crisp* del IMDESS medio-alto y medio, con valores de pertenencia (o membresía) que se concentran en las vecindades de 0.3, 0.7 (para el *crisp* medio-alto) y 0.12, 0.69 (para el *crisp* medio). De acuerdo

⁴ Aunque en el modelo se puede configurar más subestados como medio-bajo y otras combinaciones que permitan incorporar las situaciones más frecuentes y especiales que pueden tener cabida en la determinación.

con la condición presentada en la ecuación 1.11.1, algunos valores de membresía de los individuos en estos grupos tienen una mayor fortaleza en la configuración de la determinación social del bienestar de los individuos. En otras palabras, grandes valores de membresía en este *crisp* reducen cualquier otra participación que tengan en los *crisp* restantes. Por lo tanto, el análisis será concentrado en los valores mayores o iguales a 0.7, donde se analizará sexo, grupo etario y ubicación. Posteriormente, se analizarán los individuos que tienen valores de membresías en diferentes *crisp*.

1.11.1 Análisis de membresía del subconjunto IMDESS medio-alto

Los valores obtenidos para ambos sexos se presentan a continuación:

TABLA II.
Cantidad de población con el mayor grado
de membresía al *crisp* medio-alto

Sexo	IMDESS medio-alto	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.80	12
	0.93	110
Mujer	0.80	19
	0.93	87

En cuanto a la membresía en referencia al sexo, los resultados se presentan en la tabla II, donde se puede observar que los valores de membresía más dominantes de este *crisp* son 0.8 y 0.93 respectivamente. El comportamiento por sexo, en valores de membresías de 0.8, es muy similar entre hombres y mujeres. Sin embargo, esta diferencia se acentúa más en el segundo grado de membresía, dominantes del *crisp*, donde la mayor parte de individuos son hombres. Aspecto relevante para establecer la primera condición inmanente que se debe considerar en el estudio de la determinación social del bienestar de la población en Colombia. Otro aspecto importante a analizar de estos resultados es la magnitud de los grados de membresía. Por tratarse

de valores tan cercanos a uno, estos individuos se pueden asignar de manera inequívoca y única a este *crisp*, puesto que sus valores de μ_i en los restantes son muy bajos.

Además de la obtención de estos hallazgos, con esta aproximación a partir de IMDESS se puede obtener la distribución geográfica (a nivel departamental) de los individuos cuyos grados de membresía son los valores dominantes del *crisp*. Dentro de los departamentos más importantes en la composición de este *crisp* se destacan Meta y Tolima. Para el caso del Meta, sus resultados se presentan en la tabla III. La diferencia en el sexo es muy grande, especialmente en los hombres donde se presenta mayor nivel de determinación social generada por el grado de privaciones al interior de ese territorio, en las dimensiones seleccionadas para estudio.

TABLA III.

Cantidad de población del departamento del Meta en el *crisp* medio-alto

Sexo	IMDESS medio-bajo	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.80	6
	0.93	110
Mujer	0.80	7
	0.93	87

En el caso del Tolima, únicamente se tiene uno de los grados de membresía dominante del *crisp*, con un grupo muy reducido de individuos, los cuales se presentan en la tabla IV.

TABLA IV.

Cantidad de población del departamento del Tolima en el *crisp* medio-alto

Sexo	IMDESS medio-alto	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.80	6
Mujer	0.80	12

Por lo tanto, uno de los primeros hallazgos de la evaluación del *crisp* IMDESS medio-alto fueron los valores de membresía dominantes a su interior, propiciados por el departamento del Meta. Además de ellos, la configuración de la fortaleza que tiene esta magnitud en la pertenencia de los individuos se hace más fuerte cuando se diferencia el sexo. Es así un condicionante importante porque la mayor vulnerabilidad (entendida como el mayor grado de membresía que tiene el *crisp*) es para los hombres, situación que se convierte en el primer elemento estratégico para el direccionamiento de políticas públicas.

1.11.2 Análisis de membresía del subconjunto IMDESS medio

El análisis que se realizará en esta sección continúa con el procedimiento presentado en el apartado 1.11.1. En cuanto a la membresía única en este *crisp* se consideran valores de μ 0.6, se presentan a continuación:

TABLA V.

Cantidad de población del departamento del Meta en el *crisp* medio

Sexo	IMDESS medio	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.66	3
	0.8	20
	0.94	6
Mujer	0.66	1
	0.8	12
	0.94	6

Uno de los primeros e importantes hallazgos en este *crisp* es que tiene tres valores de membresía dominantes, uno más que el anterior, pero con las cantidades de individuos más reducidas. El segundo tiene que ver con el sexo. En este sentido, los hombres siguen dominando las privaciones socioeconómicas que configuran la determinación del bienestar de la salud en el país, siendo 0.8 el valor de membresía que tiene mayor frecuencia en este grupo poblacional. En cuanto a los lugares de residencia de estos individuos, se encuentran los departamentos de Tolima y Sucre, cuya composición se presenta a continuación:

TABLA VI.

Cantidad de población del departamento del Tolima en el *crisp* medio

Sexo	IMDESS medio-alto	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.80	14
Mujer	0.80	6

A partir de estos resultados se concluye que en el departamento del Tolima se presenta dimensionalidad importante de la privación que configura la determinación del bienestar, en consecuencia de la participación que tiene en los grados de membresía dominantes de los *crisp* medio-alto y medio. Aunque en términos de la importancia, en una eventual intervención, será el *crisp* medio-alto quien tenga prioridad, puesto que la cantidad de personas del departamento que pertenecen a este es superior al *crisp* medio. Los resultados presentados por el departamento de Sucre tienen la particularidad de participar en todos los valores de membresía dominante del *crisp*. No obstante, aun con los niveles y la cantidad de población que tiene, en el departamento del Tolima estos valores son mayores en algunos casos (en los hombres especialmente) que en Sucre. La totalidad de personas que tiene Sucre denota que la mayor prioridad en la atención privativa que dinamiza la emergencia de la determinación del bienestar debe estar asociada a este lugar.

TABLA VII.

Cantidad de población del departamento de Sucre en el *crisp* medio

Sexo	IMDESS Medio	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.66	3
	0.8	6
	0.94	6
Mujer	0.66	1
	0.8	6
	0.94	6

1.11.3 Análisis de membresía del *crisp* IMDESS alto

Para el *crisp* IMDESS alto, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA VIII.
Cantidad de población en el *crisp* alto

Sexo	IMDESS alto	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.73	18
Mujer	0.73	20

Para este caso, los resultados se concentran en un solo valor dominante con la particularidad de que la brecha entre hombres y mujeres es muy cerrada y, por tanto, no existen diferencias significativas que generen una atención prioritaria en consideración al sexo. Otra particularidad de estos resultados es que su distribución geográfica no tiene tanta concentración como los *crisp* anteriores, con lo cual se aumenta la probabilidad de tener individuos con las mismas privaciones (incluidas sus dimensiones e indicadores) en diferentes lugares. Los departamentos que se encuentran son Caldas, Bogotá D.C., Córdoba, Antioquia y Meta (ver tabla IX):

TABLA IX.
Cantidad de población por departamento en el *crisp* alto

Sexo	IMDESS	Alto	Departamento
	Membresía	Cantidad	
Hombre	0.73	3	Antioquia
	0.73	6	Bogotá D.C.
	0.73	5	Caldas
	0.73	1	Córdoba
	0.73	3	Meta
Mujer	0.73	1	Antioquia
	0.73	6	Bogotá D.C.
	0.73	5	Caldas
	0.73	3	Córdoba
	0.73	2	Meta

Aunque estas cantidades son inferiores a las presentadas en los *crisp* anteriores, los aspectos privativos definidos para su configuración son los más agudos en materia de determinación social del bienestar de la salud. Por tanto, estos individuos deberían priorizarse en la construcción de los programas de intervención, aunque en la mayor parte de los casos no se puede lograr su mitigación porque la profundidad de la privación es muy grande (lo que más adelante puede culminar en una trampa), con lo que se puede tener una vulnerabilidad diferencial, tema que será abordado en el siguiente capítulo.

1.11.4 Análisis de membresía del subconjunto IMDESS bajo

Para esta investigación se reconoce al *crisp* IMDESS bajo como el subconjunto borroso donde los factores dinamizadores del bienestar de la salud están en las mejores condiciones y, por lo tanto, son los individuos, con las capacidades y funcionamientos, quienes perpetúan retornos positivos en la salud. En este sentido, los individuos que están clasificados en este grupo se convierten en un estado ideal para direccionar los programas de atención o políticas públicas de los individuos con algún nivel de privación. Esta es otra importancia que conduce a la equidad social, e iguala la condición de los individuos basados en condicionantes de superioridad. En cuanto a los resultados obtenidos en este *crisp*, se presentan a continuación:

TABLA X.
Cantidad de población del en el *crisp* bajo

Sexo	IMDESS bajo	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.67	10
	0.8	53
	0.93	67
Mujer	0.67	45
	0.8	45
	0.93	60

Al igual que los subconjuntos anteriores, existen algunos valores dominantes que controlan la pertinencia única de los individuos a estos. En este caso son tres que coinciden con los presentados en el apartado anterior, aunque con cantidades de individuos diferentes. Uno de los principales hallazgos, descubierto en esta investigación, fue que el sexo femenino goza de las mejores condiciones de bienestar, generadas por las capacidades y funcionamientos que posee cada uno de ellos. Este comportamiento es complementario al que se presentó en los *crisp* anteriores, puesto que a medida que se profundizaba en el nivel de privación la cantidad de hombres era superior a las mujeres. Este aspecto es importante para la estructuración de programas de atención. A nivel departamental, la mayor cantidad de estos individuos se encuentran en el Meta, Tolima, Risaralda y Santander, como se presentan a continuación:

TABLA XI.

Cantidad de población del Meta en el *crisp* bajo

Sexo	IMDESS bajo	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.8	41
	0.93	67
Mujer	0.8	21
	0.93	58

TABLA XII.

Cantidad de población del Tolima en el *crisp* bajo

Sexo	IMDESS bajo	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.8	12
Mujer	0.8	24

TABLA XIII.

Cantidad de población del Risaralda en el *crisp* bajo

Sexo	IMDESS bajo	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.67	6
Mujer	0.67	2

TABLA XIV.
Cantidad de población del Santander en el *crisp* bajo

Sexo	IMDESS bajo	
	Membresía	Cantidad
Hombre	0.67	3
Mujer	0.67	3

1.11.5 Estudio de caso en el departamento de Risaralda

En cuanto a la cuantificación del IMDESS del departamento de Risaralda, se continúa con la misma metodología utilizada en los apartados anteriores, es decir, el objetivo de este apartado es estudiar el impacto que tiene la presencia o ausencia de estos indicadores en la morbilidad de los municipios seleccionados para este estudio. Para lograr dicha asociación es necesario utilizar algunos principios y aspectos relacionados con la estadística espacial. Esta decisión surge porque en la definición de la muestra se utilizan unidades espaciales, como se presenta a continuación:

TABLA XV.
Unidades de espaciales de aplicación de la encuesta GEIH

Torre	TO	Sótano	ST	Interior	IN	Oficina	OF
Unidad	UN	Semisótano	SS	Manzana	MZ	Garaje	GJ
Bloque	BL	Mezzanine	MN	Casa	CA	Lote	LT
Módulo	MD	Planta	PL	Local	LC	Penthouse	PH
Agrupación	AG	Bodega	BG	Entrada	EN	Piso	PS

Esta descripción espacial es un elemento importante para la información con la que se presupuesta valorar la morbilidad en el departamento, porque la construcción del sistema de información, configurado para el desarrollo de esta investigación, cuenta con registros administrativos, con los cuales, a través de la interoperabilidad de estas bases, se pueden obtener la dirección de los domicilios donde residen las personas que asistieron a las entidades prestadores de servicios de salud al interior del departamento. Este elemento se convierte en el condicionante principal para realizar la correlación espacial entre el IMDESS, RIPS, Sisbén y las fichas de Atención Prioritaria en Salud (APS).

De las diferentes unidades espaciales presentadas en la tabla xv, las manzanas son la unidad que permite albergar los componentes más importantes de la población. La selección de las manzanas como unidad base de la valoración surge ya que las direcciones poseen errores de digitación, situación que afecta de manera importante la precisión de la ubicación, especialmente en la última parte de la nomenclatura de la dirección (en lo que respecta al número posterior a la calle o carrera). Pero al tratarse de manzanas, se requiere mayor precisión en las calles o carreras, lo cual reduce considerablemente estos errores y se reduce la cantidad de registros que deben eliminarse. Esto garantiza una mayor cantidad y calidad de la información para la asociación.

1.11.6 Método y sistemas de información

En la selección del modelo estadístico espacial de esta investigación, se escogió el método de datos de áreas o regionales. Este método también es conocido como el método espacial de rejillas y se caracteriza por tener observaciones procedentes de un proceso aleatorio, presentadas en un conjunto de datos contable en regiones espaciales regular e irregularmente espaciadas. De manera matemática, la estadística espacial se encarga de analizar la realización de un proceso estocástico $\{Z(s): s \in D \subset R^p\}$, en donde s es la ubicación espacial euclidiana de dimensión p y $Z(s)$ es una variable aleatoria en la ubicación s [65]. Una característica especial a tener en cuenta en este tipo de metodología estadística es la invariabilidad de las regiones espaciales durante el proceso de estimación. Para el caso de esta investigación, las regiones espaciales a analizar, D , serán las manzanas de los municipios utilizados en el estudio y que están limitados por la cobertura de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) en el departamento de Risaralda. En consideración a los aspectos mencionados con anterioridad, el modelo de predicción espacial más acorde para la estimación es el kriging universal.

1.11.7 Modelo kriging universal

Según [65], el kriging universal es una forma generalizada del kriging ordinario en la cual el valor medio del proceso no necesariamente es

constante, sino una combinación lineal de funciones conocidas o co-variables ligadas a las mismas localizaciones. La ventaja de este sobre aquél es la incorporación de términos de regresión y correlación espacial.

La hipótesis de partida consiste en que el proceso objeto de estudio $Z(s)$ puede descomponerse como:

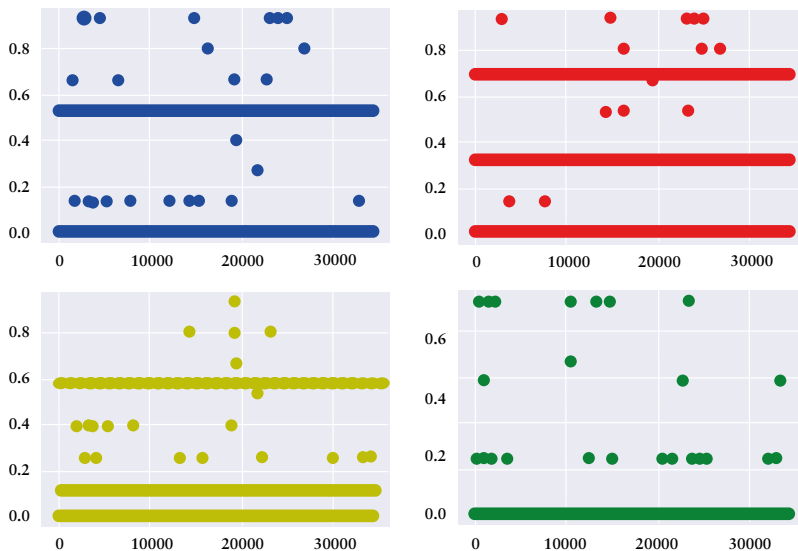
$$Z(s) = x(s)^t \beta + \delta(s) \quad (1.11.7)$$

Donde $x(s) = (1, x_1(s), x_p(s))^t$ es un vector que contiene variables descriptivas o explicativas ligadas a la ubicación espacial s , $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_p)^t$ es un vector de parámetros desconocidos y $\delta(\cdot)$ es un proceso de error espacial intrínsecamente estacionario de media cero y variograma $2\gamma(\cdot)$.

1.12 Análisis y discusión de resultados

En la sección anterior se presentaron los valores consolidados del departamento de Risaralda, a nivel nacional, a continuación, se presenta la ubicación de cada uno los habitantes que dinamiza la emergencia de estos resultados generales.

Fig. 5. Grado de membresía de la población de Risaralda en los *crisp* del IMDESS. IMDESS alto (azul), IMDESS medio (rojo), IMDESS medio-bajo (amarillo), IMDESS bajo (verde).

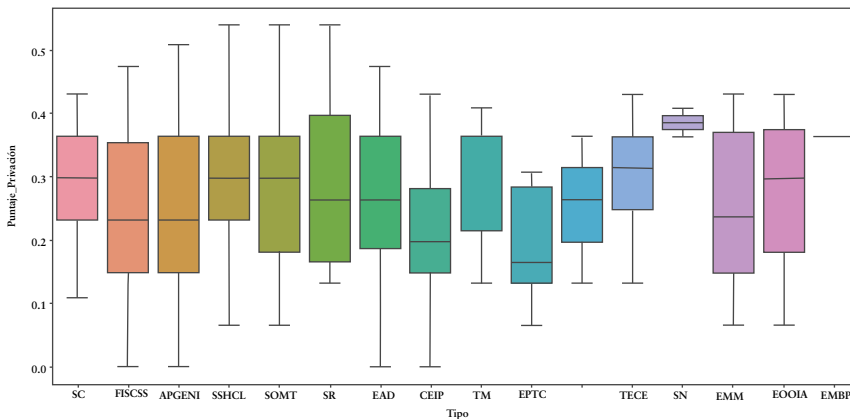


Uno de los principales hallazgos presentado en estos resultados es que, aunque la consolidación de los resultados generales se concentra en el *crisp* “IMDESS bajo”, existen individuos que tienen un alto grado de membresía en los otros subconjuntos. Es por esto que se requiere analizar la dominancia al interior de cada uno de ellos.

Análisis de membresía en *crisp* IMDESS alto

En cuanto a la dominancia del *crisp*, se encuentran dos grados de membresía 0.18 y 0.7. Sin embargo, de estos valores los que tienen mayor importancia son aquellos que se encuentran por encima de la media (valores cercanos a 0.4). Los resultados son:

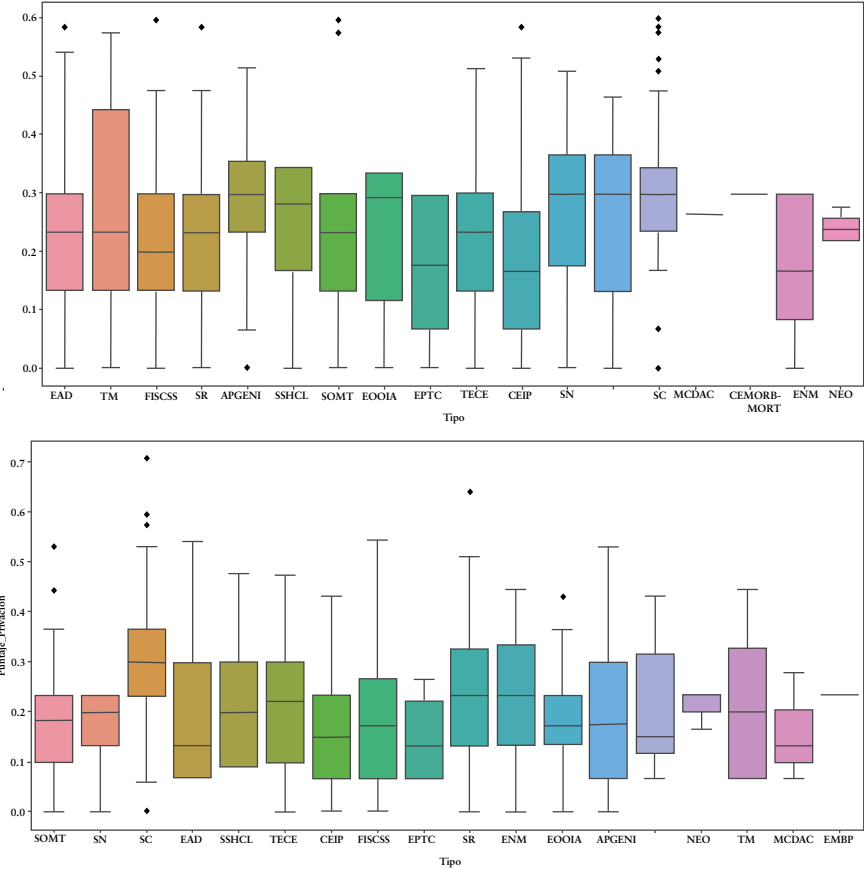
Fig. 6. Valoración del IMDESS alto de acuerdo a la categoría diagnóstica de CIE-10 en el departamento de Risaralda.



Los resultados presentados en la figura anterior son el nivel de privación que tienen algunas categorías diagnósticas, tales como sistema nervioso (SN), sistema respiratorio (SR), sistema circulatorio (SC) y trastornos mentales (TM). Este hallazgo es un elemento importante para establecer los patrones de asociación de las privaciones y los desenlaces de salud que tienen mayor adherencia en el departamento de Risaralda. Aunque la información se presenta de forma agregada, para establecer un mayor nivel de detalle de las privaciones que se valoran a través del IMDESS y sus condiciones epidemiológicas, es necesario realizar la

discusión haciendo hincapié en el sexo de los individuos para lograr establecer las brechas u otros condicionantes dinamizadores. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Fig. 7. Distribución del IMDESS en las categorías de desenlaces del CIE-10. (a) Hombres. (b) Mujeres.



En la figura anterior se aprecia una diferencia importante en cuanto a la distribución del IMDESS y los desenlaces de los individuos, que resultan determinantes para la construcción de programas de intervención. En cuanto al sexo masculino, las categorías diagnósticas que poseen la mayor valoración del IMDESS son los trastornos mentales (TM), las

enfermedades del sistema nervioso (SN) y las enfermedades del sistema circulatorio (SC), respectivamente. Para el caso de las mujeres, el mayor grado de privaciones se presenta en enfermedades del sistema circulatorio (SC), enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas (ENM), enfermedades del sistema respiratorio (SR) y trastornos mentales (TM). En los resultados obtenidos con esta división, se observa que la determinación por sexo presenta una similitud en las categorías de desenlaces. Es decir, aunque se conserve la tendencia en los valores de cada uno de los escenarios, son diferentes. Por tanto, es necesario realizar una desagregación de las categorías para analizar los diagnósticos implícitos en las privaciones.

Para la categoría de los trastornos mentales (TM), en los hombres se concentran en F920 (trastornos de conducta depresivos), F411 (trastornos de ansiedad generalizada), F412 (trastorno mixto ansioso-depresivo) y F430 (reacción al estrés agudo). En lo que se refiere a la categoría de enfermedades del sistema nervioso (SN), se encuentran los siguientes diagnósticos: G908 (otros trastornos del sistema nervioso autónomo), G400 (epilepsia idiopática parcial focalizada y síndromes epilépticos con principios de ataque localizados), G734 (miopatía en enfermedades infecciosas y parásitas, clasificadas en otra parte). En la categoría de enfermedades del sistema circulatorio (SC), se destaca I10X (hipertensión primaria), I679 (enfermedad cardiovascular no especificada), I113 (enfermedad hipertensiva cardíaca y enfermedad hipertensiva renal). Estos resultados son, entonces, un insumo importante para establecer los enfoques de priorización en la atención de los hombres del departamento de Risaralda, que se encuentren en las categorías de desenlaces previamente mencionadas.

Para las mujeres, los desenlaces tienen el siguiente comportamiento: en lo relativo a enfermedades del sistema circulatorio (SC), se presentan los siguientes desenlaces: I10X (Hipertensión primaria), I250 (Enfermedad Cardiovascular aterosclerótica), I738 (Otras enfermedades vasculares periféricas especificadas) e I472 (Taquicardia ventricular). Estos diagnósticos difieren considerablemente de los que se presentan en los hombres (excepto I10X), incluso, se destaca un hallazgo importante en las mujeres y es que la mayor parte de los desenlaces de

esta categoría tienen una mayor concentración en eventos cardiovasculares. En la categoría enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas (ENM), se destacan los diagnósticos E119 (diabetes no insulino dependiente), E782 (hiperlipidemia mixta), E780 (hipercolesterolemia puro). En enfermedades del sistema respiratorio (SR): J120 (neumonía debida a adenovirus), J209 (bronquitis aguda o subaguda con broncoespasmo u obstrucción), trastornos mentales (TM), F412 (trastorno mixto ansioso-depresivo), F341 (distimia), F410 (trastorno de pánico o ansiedad episódica paroxismal). Algo importante es que, en comparación con los hombres, las mujeres tienen menos diagnósticos en la categoría de trastornos mentales, incluso con algunas diferencias, lo cual demuestra la necesidad de emprender medidas de atención diferencial para ambos sexos, al interior del departamento.

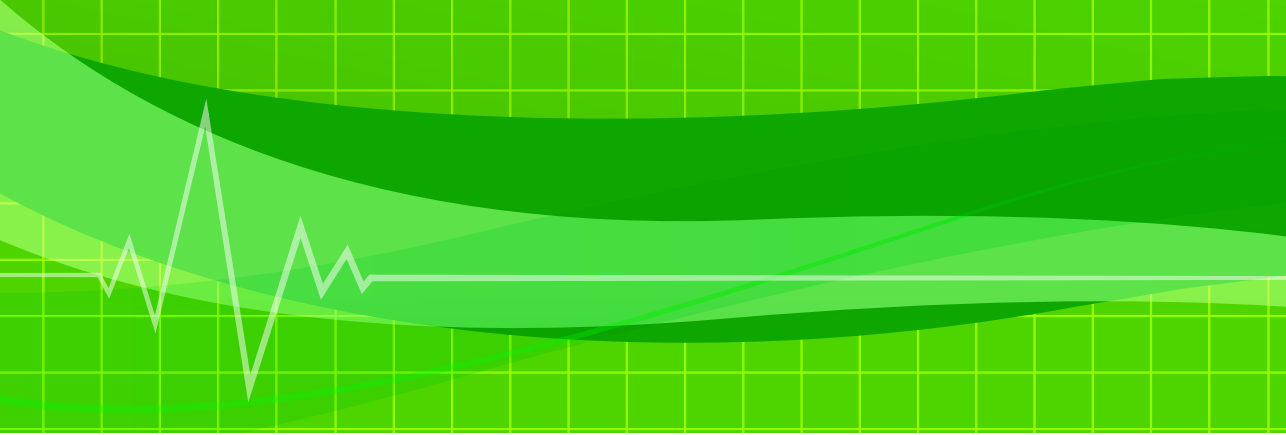
En la sección de anexos, se presentan los resultados obtenidos en los *crisp* medio y *crisp* bajo y cada una de las categorías de desenlaces, en los cuales se aprecia la reducción considerable del nivel de privación y la cantidad de desenlaces.

1.12.1 Conclusiones

- La construcción de modelos para valorar la determinación social o estructural de la salud de una población, a partir de la lógica difusa, facilita la clasificación del riesgo al interior de los territorios y mejora los modelos de priorización para la atención.
- Las funciones de membresía, en la cuantificación de los determinantes sociales en salud, permite reducir el grado de incertidumbre de los factores multidimensionales que dinamizan el bienestar de los diferentes grupos poblacionales que residen al interior de un territorio.



CUANTIFICACIÓN AXIOMÁTICA



1.13 Estratificación social y vulnerabilidad diferencial

1.13.1 Introducción

En la última década, uno de los aspectos de mayor relevancia, en los sistemas de salud de los territorios, es en la construcción de modelos y herramientas para la ampliación de la cobertura, el acceso y la oferta de los servicios de salud para la mayor parte de la población residente. No obstante, pese a estos aportes, aún existe una serie de diferencias determinantes en la atención de algunas patologías o tratamientos de enfermedades con alto nivel de carga.

En la literatura especializada, este fenómeno se ha denominado *disparidades en salud* [66] y, para su valoración, se han definido cuatro pilares fundamentales: 1) medio ambiente, 2) acceso a la utilización de calidad del servicio, 3) estado de salud, y 4) un estado de salud particular resultado de la evaluación de diversos factores. Algo importante a resaltar de estos componentes es la necesidad de incorporar, al interior de sus bases fundamentales, algunos componentes teóricos de la desigualdad e inequidad de los diferentes grupos poblacionales para clasificar al individuo. Por esto, algunos países han propuesto estructuras de valoración con mayor amplitud a las presentadas en [66], a partir de indicadores sintéticos.

En el caso del Reino Unido, las disparidades en salud —tomadas del trabajo [67]— utilizan como unidad de análisis los diferentes grupos socioeconómicos al interior de un territorio —los mejores y peores en términos de los servicios de salud ofertados— en siete elementos:

1) variaciones de tipo natural o biológico; 2) represiones o barreras en la salud, es decir, que no exista la libertad de seleccionar, como también barreras que impidan la participación en actividades lúdicas o deportivas; 3) en caso de existir una diferencia trascendental entre dos grupos, se realiza una réplica en el otro (siempre igualando al mejor); 4) barreras en la salud para seleccionar un estilo de vida por su grado de restricción; 5) exposición a condiciones de alta tensión en la vivienda o su empleo; 6) acceso inadecuado a los servicios básicos de salud, entre otros; y 7) selección natural, entendida como la posibilidad que tiene una persona de cualquier clase social de movilizarse en el momento que se encuentre enfermo y requiera un servicio.

Por su parte, en Canadá se consideran 12 componentes en su medición: 1) ingreso y estatus social; 2) superposición de redes sociales —con el objeto de observar las interacciones sociales de los individuos—; 3) educación; 4) empleo y condiciones de empleo; 5) medioambiente social; 6) medioambiente físico; 7) personal técnico con las competencias y habilidades requeridas para la prestación del servicio; 8) desarrollo saludable de la niñez; 9) dotación genética y biológica; 10) servicios de salud; 11) género; y 12) cultura.

La valoración de las disparidades en salud está muy relacionada con el contexto social, económico, político y ambiental donde se encuentran los individuos. Por ello, [4] menciona que existen alrededor de once definiciones de disparidades en salud, en las cuales se destaca ampliamente el componente étnico / racial y, a partir de él, se relaciona con variables socioeconómicas, culturales y políticas bajo una perspectiva espaciotemporal. Según [68], la importancia de este componente radica en que estos dos elementos son únicos y propios de cada individuo o grupos de individuos y que además son inmutables en el tiempo, por tanto, es una diferencia natural que tiene una implicación determinante en el estatus de salud de los individuos. Un ejemplo de ello es la condición de los afrodescendientes, por eventos de la salud relacionados con la hipertensión, como lo presentan [69, 70, 71, 72], quienes atribuyen que este grupo étnico posee una disposición genética especial para dichas enfermedades.

No obstante, esta situación no es el único determinante de la prevalencia e incidencia de esta enfermedad, puesto que existe evidencia,

como la presenta en [4], que los desenlaces de esta condición genética no son iguales, esto depende en gran medida del contexto social y la posición que tiene el individuo dentro de este contexto. Esta situación conlleva la necesidad de incorporar otras variables que permitan comprender las diferencias de los individuos. En esta línea se destacan aportes importantes, como el trabajo de [73] al proponer un instrumento para la medición de las brechas sociodemográficas más parecidas a las disparidades y su relación con la esperanza de vida de diferentes grupos poblacionales; y concluye que la mortalidad general y por enfermedad específica, generada por las disparidades en salud, no puede ser explicada simplemente por diferencia de raza entre los individuos, puesto que muchas condiciones físicas, biológicas y genéticas se acentúan cuando, en la posición social del individuo, convergen desigualdades de factores socioeconómicos tales como el ingreso y la pobreza. Estos dinamizan ampliamente el nivel de riesgo por enfermedades crónicas, resultado obtenido en [74].

En [75] implementan una serie de modelos para evaluar el impacto del estatus socioeconómico en la salud a partir de gradientes de educación y ocupación, con el objetivo de asociarlo con la mortalidad y, a partir de sus resultados, establecer los elementos diferenciales que conllevan a la disparidad en el acceso y uso de los servicios de salud. Allí, obtuvieron como hallazgo principal la relación entre la mayor tasa de mortalidad por enfermedad específica con los niveles de escolaridad más bajos. En el caso de la investigación de [76], su hipótesis de las disparidades está enfocada en las diferencias que tiene el componente étnico / racial y la situación socioeconómica al considerar las implicaciones del espacio geográfico donde se ubican los individuos, aspecto en el cual se destaca las tasas de morbimortalidad en las zonas rurales.

Muchas de las diferencias que tienen algunos grupos poblacionales están determinadas por efectos estructurales que, a su vez, propician una serie de conflictos sociales arraigados con mayor ahínco en algunos grupos específicos. En esta situación, sobresalen los desplazados víctimas del conflicto armado. Como se trata de un movimiento migratorio caracterizado por ser forzado e involuntario [77], en la mayor parte de los casos el migrante no tiene la libertad de seleccionar

su lugar receptor, lo cual limita su movimiento al alcance de sus redes sociales visibles. En cuanto a la migración a través de redes sociales, sus patrones de movilidad tienen la particularidad de conectar lugares con mayores tasas de recepción de migrantes forzados por el conflicto armado, cuya característica en común es la baja concentración de capital social en relación con los residentes naturales de la zona, como lo manifiestan en [78]. De hecho, trabajos como los de [77] mencionan que muchos de los migrantes forzados poseían una posición social privilegiada antes de ser expulsados.

La decisión forzada, generada por acciones de violencia directa o indirecta por algunos de los grupos participantes del conflicto, conlleva buscar lugares distantes del que fueron expulsados a través de sus redes sociales. Aunque el grado de privación socioeconómica de los desplazados es más aguda al interior del lugar receptor que la de los residentes, esta condición no limita el arribo constante de estas personas en dichos lugares, con lo cual se agudiza la situación socioeconómica del lugar receptor y los aspectos de la salud relacionados. Para el caso de las migraciones sin redes sociales, las privaciones socioeconómicas en el lugar receptor son mayores que cuando se usa la información de estas, regularmente estos migrantes edifican sus viviendas en asentamientos subnormales urbanos con pésimas condiciones sanitarias, lo que se convierte en un elemento diferencial del estatus de salud de la población migrante y los residentes.

En cuanto a las enfermedades y la prevalencia e incidencia por enfermedades transmisibles por vectores, la población desplazada presenta mayores tasas que la residente en el territorio como lo menciona [79] y [80]. Por esta razón, esta investigación propone la construcción de un modelo para evaluar las disparidades en salud en el departamento de Risaralda, entre los grupos poblacionales más vulnerables y las víctimas desplazadas por el conflicto armado interno. De acuerdo con el objetivo trazado en esta investigación, se han definido cuatro secciones: en la primera se presentan los condicionantes sociales y su efecto en las disparidades en salud; en la segunda sección se presentan las técnicas utilizadas para la medición de los condicionantes sociales y sus relaciones con las disparidades en salud; en la tercera sección se

presenta la construcción de los modelos de disparidades en salud de la población perteneciente a los niveles de Sisbén I-II y víctimas desplazadas del conflicto armado interno, residentes en el departamento de Risaralda; y, finalmente, en la cuarta sección se presenta el análisis de resultados de los diferentes modelos construidos.

1.13.2 Condicionantes sociales de las disparidades en salud

Las disparidades en salud están muy relacionadas con las condiciones sociales de los individuos al interior de un territorio, puesto que muchas de ellas son generadas por situaciones estructurales [68], [18] y [81] señalan que existen diferencias sustanciales en la salud, entre los distintos sectores sociales de la población, en cierta forma, generadas por los siguientes elementos sustanciales que [68] sintetizó en tres aspectos:

1. Los gradientes sociales en la salud tienen presencia en todos los países a nivel mundial, tanto en tiempo como espacio. Este fenómeno se encuentra en las posiciones más bajas de cualquier sistema de estratificación social al relacionar los individuos que tienen la peor salud y la esperanza más corta de vida. En contraste con esta hipótesis, [82] menciona que, en muchas situaciones, las inequidades o disparidades en salud se deben a la pobreza y a las privaciones materiales, debido a que estos gradientes sociales son sus principales causas dinamizadoras.
2. Los mecanismos fisiológicos se vinculan con los factores sociales, así como con los resultados finales en salud; porque, según [68], las rupturas sociales, tensiones laborales, etc., pueden generar efectos negativos en la biología humana, si se prolongan en el tiempo.
3. El resultado emergente de la condición de salud de los individuos y su posición no puede ser tratado como una suma o agregación de cada uno, debido a que la exposición social de

los individuos, así pertenezcan al mismo grupo, puede presentar resultados diferentes. Es en ese punto, donde las redes sociales, el capital y la cohesión social se convierten en un factor diferencial.

Estos principios, establecidos por [68], están enmarcados actualmente como las principales vías de reducción de disparidades o inequidades en salud. No obstante, se requiere profundizar en los instrumentos para tener una mejor valoración del contexto y la posición social de los individuos. Para el caso de esta investigación, el mecanismo de valoración social seleccionada es el propuesto por [83] a través de la estratificación social, exposición diferencial y vulnerabilidad diferencial.

1.13.3 Estratificación social

Para la definición de la estratificación social, [83] define, en primera medida, lo que es el contexto social y la forma en que debe medirse. [83] menciona que el contexto social comprende la estructura, la cultura y la función de un sistema social asociado o dado. En cuanto a la medición, el autor establece que los riesgos no se pueden medir por individuos, sino en forma grupal sin generar datos agregados, donde prevalezca una perspectiva integrativa de la legislación, las pautas culturales y las disposiciones institucionales [84].

Una vez se tengan claros estos componentes, [83] menciona que es necesario establecer una estructura conceptual para la definición de la población, puesto que una colección de individuos no siempre va a reflejar los patrones sociales que conducen a las disparidades en salud. Por tanto, el enfoque de la población debe estar concebido como un sistema social “en el que son importantes la distribución y el agrupamiento tanto de las exposiciones como de los resultados finales en salud” [83 p. 27]. En esta situación, además, son cruciales los diferentes contactos sociales que puedan existir entre los individuos. Al considerar estas interacciones, se debe estudiar la estructura cultural que está arraigada en su contexto social, en cierta medida, debido a que muchas enfermedades pueden tener cierta relación con ella, especialmente

en algunos lugares donde los factores normativos de la sociedad son direccionados por ella [84].

Para [83] la estratificación se deriva de la caracterización anterior y son estas diferencias sociales las que pueden determinar las disparidades en salud o las oportunidades de acceso a los servicios de salud.

1.13.4 Exposición diferencial

Aunque las enfermedades son heterogéneas, a partir del análisis de sus factores de riesgos muestran algunos patrones sociales similares a lo que [85] denomina *hipótesis de susceptibilidad generalizada*. La fundamentación teórica de esta hipótesis está basada en relacionar las disparidades o inequidades en salud a partir de la presunción de que cada posición social tiene sus patrones específicos de riesgos para la salud. En cuanto a la evidencia empírica, [83 p. 26] plantea que “en los diferentes sectores sociales, las exposiciones pueden variar según el tipo, cantidad y duración”, incluso en el mundo desarrollado, porque las exposiciones de los individuos en un ambiente social en el cual converge la pobreza y la desigualdad social las enfermedades se transmiten por el aire y por el agua. Estas condiciones, al paso del tiempo, pueden presentar otro factor diferencial, porque son determinantes en la esperanza de vida de los individuos. Por tanto, la valoración de estas disparidades debe ser constante y no transversal en el tiempo.

Por ello, en el planteamiento de esta discusión es importante citar los trabajos de Amartya Sen [12, 11, 7], en los cuales manifiesta que los aspectos relacionados con el ingreso se deben desarticular del desarrollo de los programas de intervención o políticas públicas. Para [67], los problemas sociales son algunos de los principales catalizadores del estatus de la salud de los individuos y, con la priorización de los grupos sociales a partir del ingreso, propende al incremento de la inequidad y a los demás problemas que puedan emerger de ella. Una alternativa para reducir las problemáticas con el ingreso es la incursión de la estratificación de gradientes sociales, como se mencionó en el apartado anterior. Aunque en un principio la estratificación es una métrica que contiene componentes diferentes al ingreso de la población

para definir su estatus social, no es un tipo de integración que privilegie los enfoques multidimensionales para tener un proxy cuantitativo de la exposición. Por lo tanto, es frecuente encontrar individuos o grupos de individuos con la misma intensidad e incidencia que las clases bajas, aun cuando residen en lugares de la clase alta. Es ahí, donde surge la necesidad de pensar en una exposición diferencial sin hacer distinción a la clase social, puesto que el impacto en la salud es diferente para cada uno de los individuos aunque se esté expuesto a las mismas condiciones hostiles.

Estos principios han sido de gran utilidad para el desarrollo de políticas públicas en salud para individuos o grupos de individuos en aspectos como:

- Impacto de la exposición diferencial en el curso de vida [86].
- Factores de riesgo y su relación con la exposición diferencial en el curso de la vida [87].

1.13.5 Vulnerabilidad diferencial

Las exposiciones o factores de riesgos perjudiciales para la salud tienen una estrecha relación con los gradientes sociales, o con la intensidad de las privaciones socioeconómicas, que propician la vulnerabilidad de los individuos. Es en este sentido, las condiciones sanitarias tienen un impacto importante en la configuración de estos factores de riesgo, que se observan con mayor frecuencia en la población ubicada en las clases sociales más bajas. [88] menciona que estos factores pueden estar relacionados entre sí, con lo cual se incrementan sus consecuencias en los diferentes sectores sociales. Aunque el patrón de distribución al interior del grupo social tiende a ser homogéneo, esto no garantiza que sus repercusiones en la salud tengan el mismo comportamiento, especialmente por los niveles de desigualdad social y económica que están arraigados a estos grupos.

Incluso [83] menciona que este concepto de vulnerabilidad puede ampliarse a factores biológicos, al tener en cuenta que muchos de los condicionantes sociales que generan esta situación imposibilitan el acceso a los servicios de salud. En cuanto a lo inmunológico, la mayor parte de los grupos afectados son los niños y los ancianos, según [89],

porque, ante la posibilidad de una exposición a un riesgo específico, el nivel de impacto puede ser mayor que en otros individuos pertenecientes al mismo grupo social o que residan en las mismas zonas. Este problema puede intensificarse cuando las privaciones que configuran la vulnerabilidad han estado presentes por largos periodos de tiempo, entre los que se incluye el estado gestación, como lo mencionan en [90]. Otra investigación que solidifica esta hipótesis es [91], donde, a partir de análisis generados desde la teoría de las susceptibilidades, se explica cómo la precariedad afecta las condiciones de salud de los hombres que residen en los estratos socioeconómicos bajos, durante la crisis económica en Europa central y oriental.

La condición de permanencia en el tiempo de la vulnerabilidad y su grado de diferencialidad para autores como [6] y [17] son denominados *estados de entrapamiento*. Aunque el estado de entrapamiento o las trampas de origen socioeconómico han tenido mayor aplicabilidad en los estudios de pobreza, en la perspectiva de la pobreza multidimensional, estas son de gran utilidad para valorar la intensidad y la prevalencia de las privaciones en las que se fundamenta la vulnerabilidad. Ahora, en cuanto al aspecto diferencial, [6] menciona que en el estado de entrapamiento el ciclo negativo tiene una presencia mayor que el positivo. Se entiende la polarización como un resultado del impacto que tiene el cambio de las variables —de manera multidimensional— en el mantenimiento del estado, es decir, existen cambios que profundizan la intensidad de la privación al paso del tiempo (el ciclo negativo) o, por el contrario, lo mitigan (ciclo positivo). Este fenómeno se torna cada vez más interesante de estudiar, porque es una de las condiciones emergentes bajo la visión sistémica que tiene la valoración de la privación de capacidades y funcionamientos, según [26], de los problemas estructurales relacionados con la equidad y la justicia. En relación con estos dos condicionantes, las trampas socioeconómicas se han transformado en trampas médicas definidas así por [92], puesto que el comportamiento del acceso a los servicios de salud en los individuos con el mayor grado de privaciones socioeconómicas —valoradas por capacidades y funcionamientos— se profundiza al paso del tiempo como los ciclos definidos por [6].

En cuanto a la valoración de la vulnerabilidad diferencial, esta ha sido importante en el desarrollo de políticas públicas de salud, tales como:

- Vigilancia, prevención y priorización de riesgo de VIH [18].
- Educación como estrategia de reducción de vulnerabilidad diferencial femenina [93].
- Reducción de la discriminación en la pertinencia de las políticas públicas [94].

1.13.6 Conceptualización y fundamentación del índice multidimensional de los determinantes sociales del bienestar de la salud desde aproximaciones del bienestar, bajo el enfoque axiomático

Para la construcción del índice multidimensional para la valoración de los determinantes sociales de la salud (IMDESS), se han considerado tres formas de cuantificarlo a partir de las dimensiones e indicadores que serán presentados posteriormente. En cuanto al modelo matemático para el cálculo del IMDESS, se tiene que:

$$M_{\alpha}(x; z) = \frac{1}{nd} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^d g_{ij}^{\alpha} \text{ con } \alpha \geq 0 \quad (1.13.6)$$

Donde M_{α} es el valor del IMDESS para el hogar o individuo α , d el número de dimensiones, n la cantidad de individuos u hogares del estudio, g_{ij}^{α} es la privación del individuo i en la dimensión j . Los valores de g_{ij}^{α} son obtenidos de la matriz presentada en la figura 1.14.1, y z es conocido como el vector de privaciones definido como $z = (z_1 \dots z_d)$ donde $z_1 \dots z_d$, donde z_j , son los umbrales de privación de la primera dimensión hasta la dimensión número d .

Al igual que el método de indicadores múltiples y conjuntos difusos, aquí se requiere de un peso de importancia en cada dimensión de acuerdo con el grado de importancia que tiene la misma sobre la valoración que se desea realizar. A partir de esta hipótesis, se plantea w como el vector de pesos, y se define como $w = (w_1 \dots w_d)$, por lo tanto, $\sum_{j=1}^d w_j = w_d$. En cuanto a la matriz de privación $g = g_{ij}^0$, sus valores son definidos por $g_{ij}^0 = w_j$ si $x_{ij} \geq z_j$, para otro caso diferente será igual a cero.

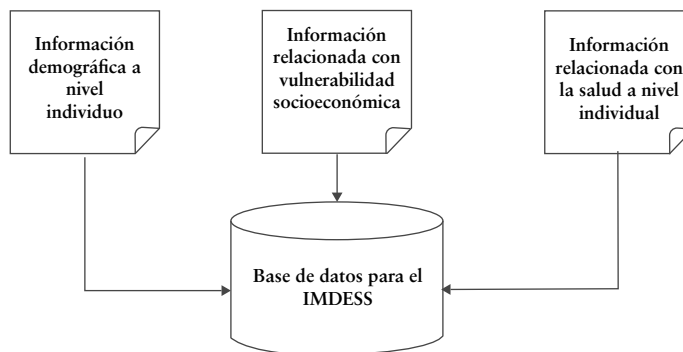
En cuanto a la medida sintética C_i , conocida como el grado de privación del hogar o individuo i , su valor es calculado como $C_i = \sum_{j=1}^d g_{ij}^0$; así, se considera multidimensionalmente vulnerable al hogar o individuo que $C_i \geq k$. Para algunos estudios, el valor de k , según la visión de [9], está entre 0.3 y 0.33. Aunado a las características anteriores, esta medida puede ser desagregada en dos indicadores situacionales conocidos como *intensidad* e *incidencia*. La primera mide qué tan profundo es el grado de privación tomando como referencia k , mientras que la segunda mide la cantidad de privaciones simultáneas que tiene el individuo u hogar.

En el caso de tratarse de valores cuantitativos, en el caso de los indicadores, existe la posibilidad de modificar el valor de α , para ampliar el estudio de las brechas entre aquellos etiquetados como vulnerables en cada indicador g_{ij}^α siempre y cuando la matriz esté normalizada. En el caso que $\alpha = 1$, permite estudiar con mayor nivel de detalle la privación por indicador, y $\alpha = 2$ permite hacer mayor énfasis en el corte de privación.

1.14 Sistema de información

Para el desarrollo esta investigación se ha diseñado la estructura de datos presentada a continuación:

Fig. 8. Configuración de la estructura de datos utilizada para la cuantificación de la determinación del bienestar, desde la perspectiva del enfoque diferencial y la vulnerabilidad diferencial.



1.14.1 Información demográfica a nivel de individuo

En este componente se agruparán las fuentes de información demográficas del departamento de Risaralda, cuyo nivel de desagregación esté a nivel de individuo; de manera tal que se logre tener el mayor nivel de representatividad poblacional del territorio en la valoración del IMDESS. Este es un aspecto importante porque permite generar un acercamiento al impacto de los determinantes en la composición poblacional del territorio [18, 95]. En cuanto a las bases de datos consideradas para la configuración de la información, a nivel del individuo, se destaca la Base de Datos Única de Afiliados (BDUA). La BDUA, además de ser una base de datos que da cuenta de la cantidad de habitantes afiliados al Sistema General de Salud y Seguridad Social (SGSSS) al interior de un territorio, puede ser utilizada para realizar aproximaciones demográficas del mismo gracias al conjunto de variables demográficas que tiene la población afiliada. Es decir, es posible tener una aproximación similar a un censo en el territorio ya que el nivel de aseguramiento en el país está alrededor del 90 % a nivel nacional. Para el caso puntual del departamento de Risaralda, se cuenta con un nivel de aseguramiento del 96.7 %.

1.14.2 Información relacionada con la vulnerabilidad socioeconómica social

Para la construcción de este componente se han considerado bases de datos que contengan información sobre la población con altos porcentajes de privaciones en factores socioeconómicos, que direccionan en alto grado la determinación social al interior de un territorio. Pero, además de ello, se requiere que estas fuentes de información propendan por el escalamiento del grado de privación y, así, tener un acercamiento a la estratificación de la vulnerabilidad diferencial y la exposición diferencial. En consideración con todo lo anterior, la base de datos que fue considerada para este componente fue el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (Sisbén III); la cual, además de contener la información mencionada con anterioridad, la presenta a nivel de hogar y vivienda, lo que permite ahondar en la configuración de factores diferenciales de la determinación.

TABLA XVI.
Componentes índice Sisbén III

Salud	Educación	Vivienda	Vulnerabilidad
• Discapacidad permanente. • Adolescente con hijo.	• Porcentaje de adultos con analfabetismo funcional. • Porcentaje de inasistencia escolar. • Atraso escolar. • Porcentaje de niños trabajando. • Porcentaje de adultos con secundaria incompleta o menos.	• Tipo de vivienda. • Fuente de agua para consumo. • Tipo de conexión sanitaria. • Exclusividad del sanitario. • Material de los pisos. • Material de las paredes. • Eliminación de basuras. • Tipo de combustible para cocinar. • Condiciones de hacinamiento.	<i>Individual</i> • Número de personas en el hogar. • Tipo de jefatura. • Tasa de dependencia demográfica. • Tenencia de activos. <i>Contextual</i> • Tasa de mortalidad infantil (municipal). • Tasa de homicidios (municipal). • Tasa de cobertura neta por nivel educativo (municipal). • Porcentaje de uso de servicios de salud general dada una necesidad (municipal).

1.14.3 Información relacionada con la salud a nivel individual

La información relacionada con la salud está referida con las bases de datos que entregan valoraciones de la morbilidad al interior del departamento. En este sentido, el sistema de información más eficiente son los Registros Individual de la Prestación de Servicios de Salud (RIPS), debido a que es una fuente de información que integra diagnósticos, procedimientos, consultas y medicamentos en una sola estructura.

1.15 Análisis y discusión de resultados

En consideración con lo anterior, se establecen las dimensiones e indicadores presentados en tabla XVII:

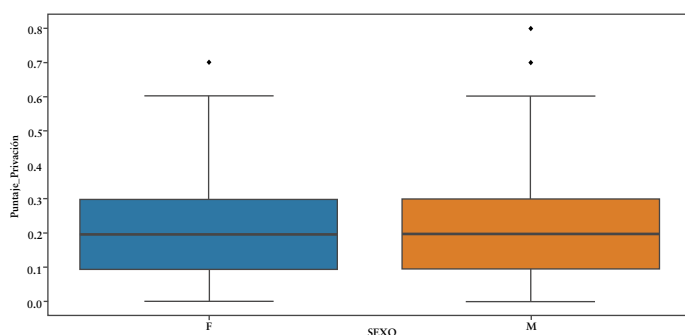
TABLA XVII.
Dimensiones e indicadores para la valoración del IMDESS bajo el enfoque axiomático

Dimensión	Indicadores	Privación (Individuo)	Elementos mínimos del cumplimiento de la política	Privación (Hogar)
Educación (33.3 %).	Nivel educativo.	El individuo no ha completado la primaria (privado) con excepciones a personas menores de 10 años.	Acceso - Asequible.	Al menos un individuo dentro del hogar que no ha completado la primaria (privado) con excepciones a personas menores de 10 años.
	Asistencia escolar.	Individuo con edad escolar que no asiste, con excepciones a personas menores de cinco años y mayores de 25 años.	Acceso - Asequible.	Al menos un individuo dentro del hogar que no ha completado la primaria (privado) con excepciones a personas menores de 10 años.
	Alfabetismo.	El individuo no sabe leer y/o escribir con excepciones a menores de cuatro años.		
Salud (33.3 %).	Nutrición.	El individuo se encuentra en estado de desnutrición.		Al menos un individuo en el hogar que se encuentre en estado de desnutrición.
	Asegurado.	No está asegurado en ningún régimen de salud.	Acceso.	

Salud (33,3 %).	Discapacidad.	El individuo tiene algún tipo de discapacidad.	Aceptable.	Al menos un individuo en el hogar con algún tipo de discapacidad.
Condiciones o estándares de vida (nivel digno de vida) (33,3 %).	Ingreso.	Percibe algún ingreso.		El ingreso del hogar no supera el valor de la canasta familiar.
	Ocupación.	El individuo con edad laboral que no lo está haciendo en este momento.		Al menos un individuo dentro del hogar con edad para laborar que no lo está haciendo en este momento.
	Servicios públicos.		Acceso - Asequible.	El hogar no posee electricidad.
			Acceso - Asequible.	El servicio sanitario del hogar es no mejorado.
			Acceso - Asequible.	El hogar no tiene acceso a agua potable.
			Acceso - Asequible.	El hogar cocina con estiércol, madera o carbón.

Una vez definidas las dimensiones e indicadores, se procede a la valoración del IMDESS para cada uno de los individuos reportados en el Sisbén III, BDUA y RIPS. El primer elemento a analizar, y con el cual se conducirá la vulnerabilidad diferencial y exposición diferencial, serán las privaciones socioeconómicas a partir del sexo. Los resultados se presentan en la fig. 9:

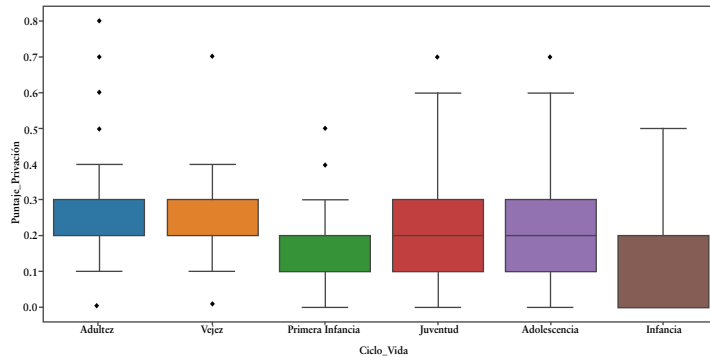
Fig. 9. Distribución de las privaciones por sexo en el departamento de Risaralda según el IMDESS.



Dentro de los resultados presentados en la fig. 9, se destaca el grado de similaridad que tiene la distribución de las privaciones socioeconómicas que conducen a la determinación social para ambos sexos en el departamento. Similaridad que, incluso, se encuentra en el rango de la valoración del IMDESS; en el cual se encuentran magnitudes en el límite superior que, para ambos casos, está cercana a 0.6. Este condicionante permite establecer una hipótesis importante, la cuales que, a pesar de que la mayoría de individuos tienen porcentajes de privación promedio entre el 20 % y el 30 % —o 0.2–0.3, como se presenta en la figura—, existen individuos con un mayor grado de agudización de la privación que llega hasta el 60 % —incluso más, si se incorporan los valores atípicos— de las capacidades y funcionamiento básicos que direccionan de adecuadamente el bienestar de la salud. Estos resultados, además de visualizar estas cifras, permiten identificar los primeros insumos para el escalamiento de la vulnerabilidad diferencial a partir de la intensidad de la privación y su impacto en la exposición a ciertos factores de riesgo. Para ahondar un poco en esta descripción, es

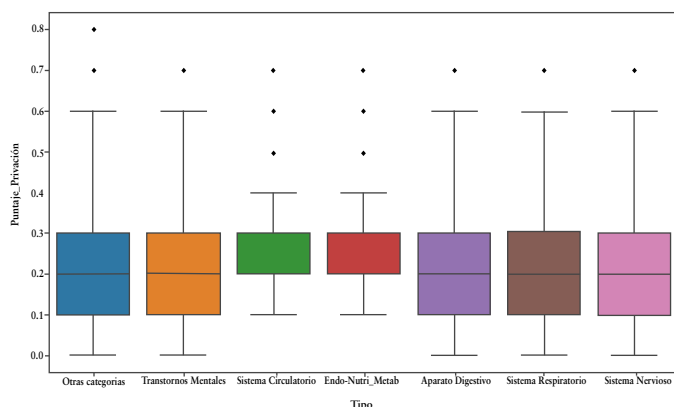
necesario realizar un análisis con mayores niveles de desagregación, al considerar el ciclo vital, los desenlaces de salud y la distribución geográfica al interior de los municipios del departamento de Risaralda, como se presenta a continuación:

Fig. 10. Distribución de las privaciones en el departamento de Risaralda por ciclo vital según el IMDESS.



Los resultados de la fig. 10 presentan el mismo patrón de distribución del IMDESS desagregado por el sexo, de manera general, pero con diferencias importantes en los ciclos vitales de la adultez y la vejez. Es decir, mientras que los demás ciclos de vida poseen valores inferiores a la media de privación, la mayor de los individuos que pertenecen a este ciclo vital se encuentra por arriba del promedio. Incluso, estos son los ciclos vitales con la mayor parte de los datos atípicos donde se encuentra el mayor grado de ausencia de capacidades y funcionamientos del bienestar. De esta manera, se infiere que los individuos pertenecientes a los ciclos vitales de adultez y vejez en el departamento de Risaralda, son los individuos más vulnerables dentro de la población más vulnerable del departamento. Por lo tanto, los estudios de desenlaces en salud se realizarán sobre estos ciclos vitales, elemento que permitirá observar la forma en que la ausencia de estos componentes socioeconómicos se transforma en condicionante del bienestar de la salud de este grupo poblacional. En la fig. 11, se presentan los desenlaces de salud con mayor impacto en la población de Risaralda pertenecientes a los ciclos vitales de adultez y vejez:

Fig. 11. Distribución de las privaciones en el departamento de Risaralda por categorización diagnóstica según el IMDESS.



Entre los desenlaces más importantes de la fig. 11 se encuentran los diagnósticos referidos al sistema circulatorio, endocrino, nutricional y metabólico. Unos comportamientos a destacar son algunos diagnósticos relacionados con enfermedades del aparato digestivo, sistema respiratorio y el sistema nervioso, que, pese a tener una importante cantidad de individuos con privaciones inferiores a la media, poseen valores atípicos que superan ampliamente el nivel de intensidad de los diagnósticos relacionados con el sistema circulatorio, endocrino, nutricional y metabólico. De esta manera, estos resultados son un hallazgo importante para la priorización de los grupos poblacionales vulnerables en las diferentes zonas del departamento. Aunque en la fig. 11 la valoración del IMDESS se presenta de manera individual por las categorías de diagnósticos, aproximadamente el 50 % de los individuos pertenecientes a los ciclos vitales de adultez y vejez se encuentran en más de dos categorías. Es decir, la presencia de estos individuos en las diferentes categorías se puede dar de manera simultánea en el tiempo, o la intensidad de su privación puede ser la condición de transición entre estas, en diferentes instantes de tiempo y con diferentes niveles de magnificación. Estos factores están dinamizados por la profundidad de la privación de las capacidades y el funcionamiento de elementos que direccionan el bienestar y el desarrollo humano.

En cuanto a la exposición diferencial, la primera discusión se realizó al tenor del ciclo de vida de la población, y se encontró un mayor nivel de privación para los individuos pertenecientes a la adultez y vejez. El segundo enfoque de exposición diferencial está basado en la ubicación geográfica, puesto que, según [73], la ubicación de los grupos sociales, en las diferentes zonas de un territorio, puede aumentar considerablemente la prevalencia de ciertas enfermedades. En ese sentido, se realizará un análisis comparativo entre los niveles de privación y los desenlaces en salud entre las zonas rural y urbana del departamento de Risaralda. Esto permitirá evaluar si el componente geográfico es un condicionante para la magnificación del riesgo en salud en algunos grupos poblacionales. A continuación, se presentan en la fig. 12 (a) y (b), fig. 13 (a) y (b) y fig. 14 (a) y (b) los resultados obtenidos para las zonas rurales y urbanas:

Fig. 12. Nivel de privación por sexo en el área urbana y rural.
(a) Distribución por sexo. (b) Distribución por sexo.

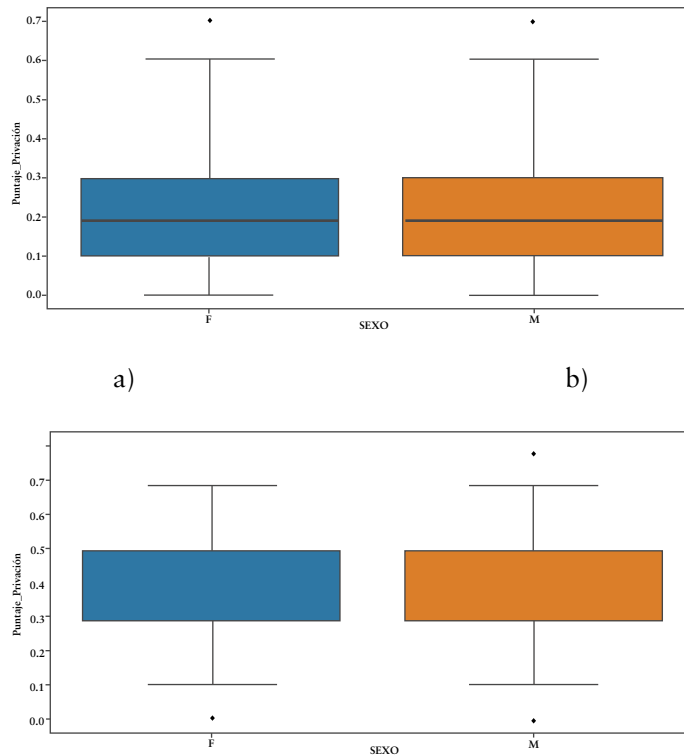


Fig. 13. Nivel de privación por ciclo vital en el área urbana y rural.
 (a) Distribución por ciclo vital. (b) Distribución por ciclo vital.

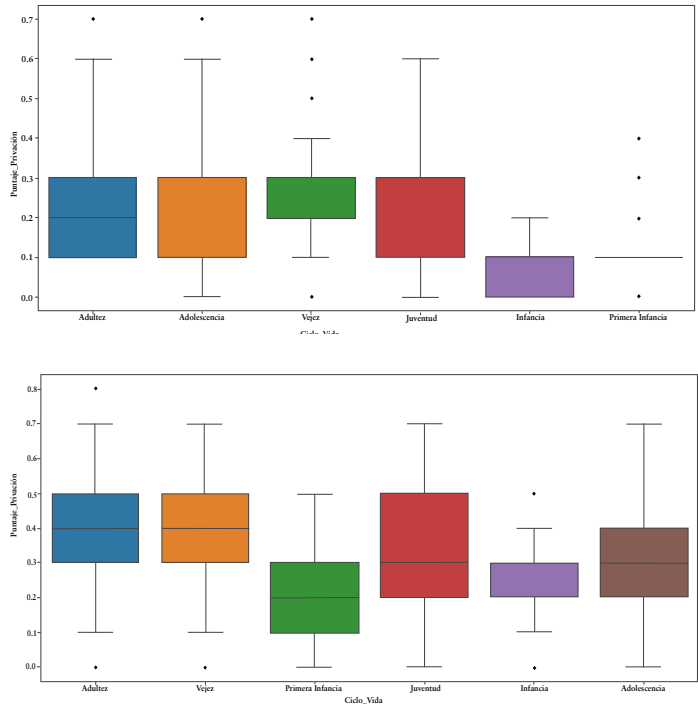
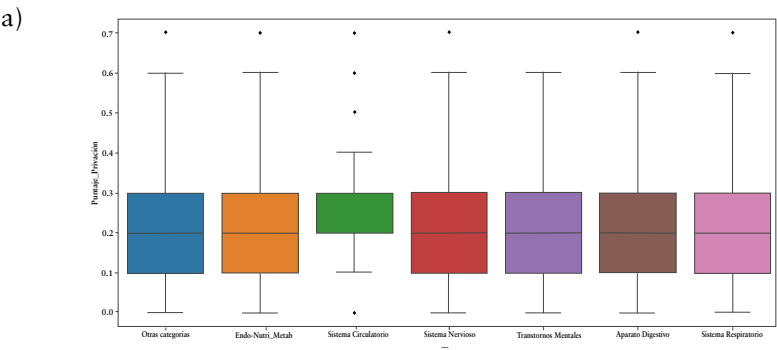
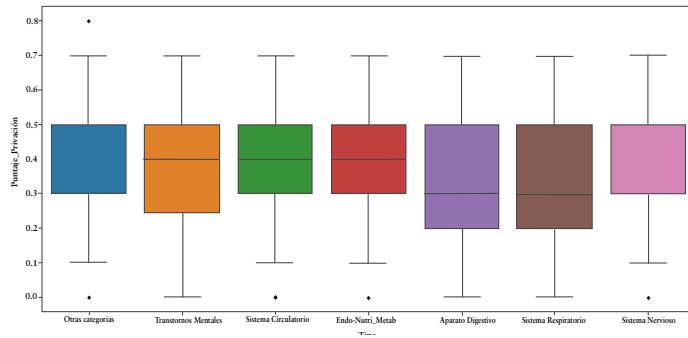


Fig. 14. Nivel de privación por categorización diagnóstica en el área urbana y rural. (a) Distribución por clasificación diagnóstica. (b) Distribución por clasificación diagnóstica.



b)



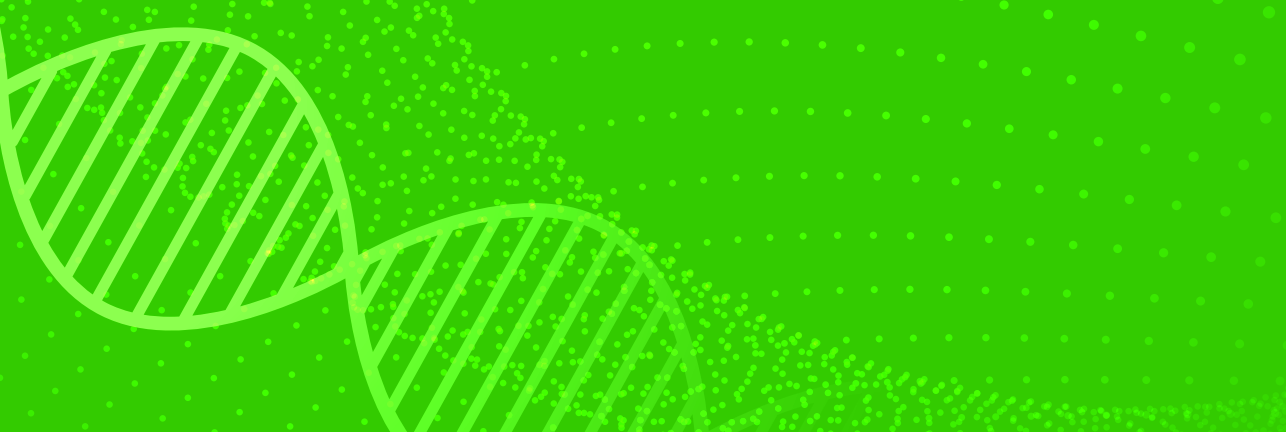
A partir de estos resultados, se puede observar que la agudización de la privación es más intensa en la zona rural del departamento de Risaralda, tanto en sexo, como en ciclo vital y en categorización diagnóstica. Es decir, en todos los aspectos que conducen a la determinación social de la salud, la población rural tiene mayor grado de privación de componentes dinamizadores del bienestar y, por tanto, presentan mayor nivel de adherencia a algunas enfermedades. Esta situación se puede apreciar con mayor claridad en la categorización diagnóstica, donde el grado de privación en el área rural es más intenso que el urbano e igual para cualquiera de las categorías de tipificación de los desenlaces.

1.15.1 Conclusiones

- La incorporación del enfoque de la valoración axiomática de la pobreza multidimensional permite identificar y clasificar el grado de vulnerabilidad diferencial de la población al interior de un territorio, a partir de las privaciones y la intensificación de la misma, y permite establecer elementos a priorizar para el desarrollo de programas de intervención, conforme a su nivel de intensidad.
- La exposición diferencial, bajo la valoración multidimensional de las capacidades y funcionamientos, facilita la identificación de brechas entre los diferentes grupos poblacionales de un municipio específico. Puesto que los resultados obtenidos presentan los mismos niveles de privación o ausencia de componentes socioeconómicos básicos de bienestar. Los desenlaces

en salud de la población rural difieren considerablemente de los individuos ubicados en la zona urbana.

- La valoración del IMDESS, desde la perspectiva axiomática, permite establecer estados epidemiológicos de la privación, es decir, mediante su valoración se puede establecer la priorización de atención de los grupos poblacionales al interior de un territorio.



2. Disparidades y determinación social de la salud usando técnicas de la complejidad

2.1 Introducción

En la actualidad, la incidencia que tienen los aspectos socioeconómicos en el estado de salud de los individuos o grupos de individuos ha incrementado notablemente, al punto de configurarse como uno de los principales condicionantes para su bienestar. En este sentido, es necesario discutir la dimensión sistémica que tiene la salud y el bienestar. Dentro de esa visión, la Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que las interacciones de estos aspectos son una causalidad importante de su agudización y, bajo esa perspectiva, que el estilo de vida es un elemento dinamizador; por esto lo define como: “Forma general de vida, basada en la interacción entre las condiciones de vida, en un sentido amplio y los patrones individuales de conducta, determinados por factores socioculturales y características personales” [96]. Según [97], no es posible abordar los estudios de la salud y bienestar sin considerar las interacciones existentes entre los hábitos que promueven el bienestar y la situación socioeconómica, puesto que muchos de estos aspectos no se pueden lograr sin las capacidades y funcionamientos promovidos por su posición social —generada por la interacción de los componentes socioeconómicos—. En ese mismo estudio, [97] presentó algunos hallazgos importantes, en los cuales se

pueden ver los condicionantes generados por estos aspectos: altas tasas de prevalencia, mortalidad prematura, baja ingesta de verduras, etc. Estos condicionantes suelen agudizarse al analizar los gradientes sociales por conglomerados —etnia, grupo etario, etc.—.

En el trabajo presentado por [98], se establecen hipótesis importantes en materia de aspectos socioeconómicos y su impacto en la dinamización de elementos para el bienestar de la salud en la población con altos niveles de privación. Dentro de los principales resultados obtenidos en esta investigación, se destaca la diferencia existente en materia del sexo, en la cual la mayor parte de los individuos afectados por estos condicionantes son las mujeres, las cuales presentan una alta morbilidad en enfermedades crónicas propiciadas por la obesidad y el sobrepeso. Además de este resultado, [98] realizó asociaciones entre la morbilidad femenina y elementos socioculturales con el objetivo de incrementar la dimensionalidad del estudio de las disparidades y determinación de la salud. Allí se encontró una magnificación de esta asociación en los individuos que tienen particularidades sociales y culturales al interior del territorio.

Estas investigaciones generan aportes importantes en la comprensión y análisis de las disparidades e inequidades en salud, sin embargo, carecen de la sinergia de otros factores catalizantes de morbimortalidad en poblaciones vulnerables o con gran volumen de privaciones socioeconómicas. Por esto, los insumos de políticas públicas que contribuyen a su reducción o eventuales erradicaciones son muy limitados, en contraste con la realidad problemática. Entonces, algunos paradigmas de modelamiento y simulación permiten generar un mayor grado de acercamiento a la realidad por su potencialidad de articular varias dimensiones en una estructura. Por estas razones, los aspectos relacionados con el pensamiento sistémico se han convertido en una herramienta metodológica para el estudio de los nexos de las disparidades, determinación social y bienestar en la salud.

Las aproximaciones cuantitativas y cualitativas, desde la perspectiva sistémica, tiene como objetivo principal articular todas las variables o componentes que, de una forma u otra, tienen una relación con las situaciones problemáticas que se desean resolver. Estas relaciones están concebidas desde el enfoque de la causalidad y el efecto, de manera tal

que se logra tener resultados relacionados con los componentes o subsistemas que lo integran. Alrededor de este principio, se han generado una serie de modelos metodológicos que han logrado incorporar los principios sistémicos en la solución de diferentes áreas del conocimiento. La primera de ellas son los diagramas de causa-efecto diseñados por [99], cuyo objetivo principal es la identificación de las posibles causas de un problema raíz. Para su edificación se procede con la recolección de información por parte de los actores que tienen relación o incidencia en su configuración. Posteriormente, se inicia la tipificación de las causas y subcausas posibles, lo que permite elaborar consensos entre los expertos hasta llegar a la explicación de la causa raíz del problema. Uno de los principales problemas que tiene esta metodología es la carencia de aspectos dinámicos sobre los componentes del sistema, es decir, los resultados a los cuales se llega con el uso de los diagramas de [99] son estáticos. Por ello, su aplicabilidad se ha reducido notablemente a algunos escenarios alrededor de la salud.

Una alternativa de modelamiento, desde la visión sistémica que posteriormente involucró una visión dinámica, son los diagramas de Forrester [100], también conocidos como dinámica de sistemas (DS). Este desarrollo ha sido ampliamente utilizado en la resolución de problemas sociales, económicos, ambientales, salud, entre otros. La DS es una técnica matemática-computacional que permite modelar sistemas dinámicos y con sus resultados tomar decisiones de nivel estratégico. Para su construcción, se requieren conocer las variables de nivel —o variables de estado—, flujo —restricciones entre las variables del modelo—, variables auxiliares y bucles, y, mediante ecuaciones diferenciales, se puede establecer la predicción de las variables del estado al paso del tiempo, siempre y cuando las causalidades no se modifiquen. En cuanto a las aplicaciones desarrolladas en temáticas de disparidades y determinación del bienestar de la salud a partir de la dinámica de sistemas, se destacan [101], quienes, a través de este paradigma de modelamiento y simulación, estudiaron la asociación de componentes sociales, ambientales, ecológicos a la morbilidad de enfermedades crónicas, incluyendo la modificación de los factores de riesgo al paso del tiempo. En [102] implementaron un modelo con el cual se logra capturar las coocurrencias de las disparidades en salud, presentes en

un individuo o grupos de individuos, las cuales, con el tiempo, pueden realimentarse, regenerarse e incrementar el grado de complejidad de la situación. Por esto, [103] estableció que para desarrollar una aproximación más apropiada sobre las disparidades en salud es necesario incorporar aspectos del pensamiento complejo. Sobre este aspecto se puede afirmar que la multidimensionalidad y la multicausalidad de estos requieren de aspectos metodológicos que permitan incorporar al estudio los comportamientos DS desde una perspectiva sistémica. Esto dinamiza la incursión de las ciencias de la complejidad y los sistemas complejos en el abordaje de las disparidades y determinantes del bienestar de la salud.

Dentro de las herramientas de la complejidad que han permitido obtener una valoración importante de las disparidades y determinantes del bienestar se encuentran las redes complejas, las cuales facilitan la integración de factores endógenos, exógenos, cuantitativos, cualitativos y dinámicos. Dentro de las investigaciones que destacan este enfoque se encuentra el trabajo de [104], quienes construyeron una red compleja para evaluar la interacción de aspectos sociales, económicos, ambientales y hábitos que promueven el bienestar. En la misma investigación se incorporaron medidas restrictivas relacionadas con factores de reducción de la obesidad con el objetivo de reducir la prevalencia de algunas enfermedades ligadas a estas, tales como la obesidad mórbida, enfermedades relacionadas con aspectos dietarios y las disparidades en salud. Sin embargo, se evidenció que el comportamiento emergente era inverso al esperado, puesto que las mayores tasas de morbilidad se acentuaron en la condición de pobreza y desigualdad social.

En cuanto a la población vulnerable, existen factores intrínsecos a ellos que denotan la agudización de fallas de tipo estructural configura diferentes niveles de vulnerabilidad [18], a pesar de ser clasificados como vulnerables. En este sentido, es importante realizar una disertación del nexo entre los estilos de vida saludable, incluido los hábitos que los promueven, y las condiciones epidemiológicas propiciadas al interior de estos grupos poblacionales.

En ese sentido, en esta investigación se propone estudiar la asociación de las disparidades y determinantes sociales de la población clasificada por el Sisbén en nivel I y II en el departamento de Risaralda, a

través de redes complejas. El objetivo de esto es incorporar las implicaciones que tienen los diagnósticos con mayor impacto en la morbilidad de estos grupos poblacionales con aquellos propiciados por los determinantes sociales de bienestar. Para materializar estos objetivos se han propuesto tres secciones: en la primera se presentan los materiales y métodos empleados en el desarrollo de esta investigación; se inicia con la descripción del sistema de información que se utilizará y, también, algunas métricas de las ciencias de la complejidad, utilizadas en los análisis descriptivos de la aproximación sistémica de las disparidades y los determinantes del bienestar de la salud. Posteriormente, se presentan los análisis topológicos de las redes con los cuales se estudiarán los aspectos relacionados con los flujos de información para establecer las implicaciones entre los diagnósticos, a la luz de la morbilidad en eventos de estos grupos vulnerables. Por último, se presentan la discusión y el análisis de los resultados.

2.2 Fuentes de información

Para el desarrollo de la investigación se han consolidado varias bases de datos provenientes de las estadísticas nacionales y del departamento de Risaralda, con el objetivo de formar un *data mart*. Una de las fuentes consultadas en este *data mart* es la BDUA, la cual tiene el registro de los individuos afiliados al sistema de salud en el departamento, tanto de manera contributiva —aquellos que son responsables de aportar el pago de su seguridad al Estado— como subsidiada, con una representatividad superior al 90 % del total de la población del departamento. Para esta investigación, solamente se consideró el régimen subsidiado, pues allí están clasificados los individuos con la mayor cantidad de privaciones socioeconómicas que configuran la vulnerabilidad.

Adicional a la información sobre el aseguramiento al sistema de salud, la BDUA contiene la información demográfica de cada individuo como edad, sexo, ubicación geográfica, entre otras, la cual resultan de gran utilidad para el establecimiento de factores diferenciales, importantes para el estudio de las disparidades y determinantes del bienestar de la salud. La otra fuente de información que será utilizada son los RIPS, cuyo objetivo principal es registrar todos los aspectos

relacionados con la prestación del servicio, como los diagnósticos —codificados con el estándar CIE-10—, los procedimientos —codificados bajo el estándar código único de procedimientos en salud (CUPS)—, los medicamentos —codificados bajo el estándar código único de medicamentos (CUM) —, las hospitalizaciones y demás procedimientos realizados a los individuos cuando ingresan a las prestadores de salud por consulta general, urgencias y tratamientos. En cuanto a la temporalidad de este análisis, está definida para los años comprendidos entre el 2011 y el 2016.

2.3 Métodos y resultados

Como se mencionó con anterioridad, para la selección de la herramienta metodológica con la cual se deben abordar aspectos de morbilidad, disparidades y determinación del bienestar en la salud, es necesario establecer un componente capaz de modelar la multidimensionalidad, la interacción de estos factores y la complejidad del sistema. Así, entonces, las redes complejas se convierten en una herramienta importante no solo para generar la armonía entre los elementos, sino también por su gran utilidad para establecer algunos indicadores sistémicos para la comprensión de los aspectos dinámicos del modelo. Para la edificación de las redes complejas utilizadas en esta investigación, se han priorizado los aportes de [105], [106], quienes mencionan que una red compleja es un conjunto de nodos unidos por enlaces que aparecen frecuentemente en varios escenarios sociales, tecnológicos y biológicos, de forma tal que puede ser representada como $G(V, E)$, donde G es el grafo que representa la red compleja, V es el conjunto de vértices y E son las aristas o enlaces que existen entre los $v \in V$.

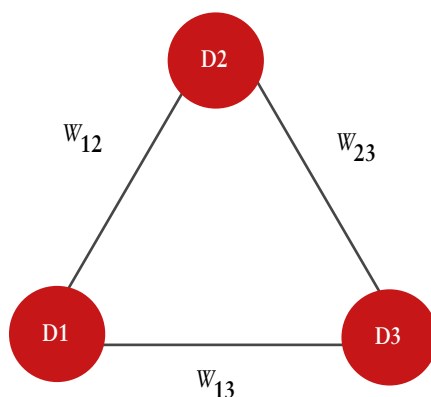
La facilidad de las redes complejas para edificar modelos matemáticos-físicos-computacionales ha permitido estudiar fenómenos de interés para la salud y la epidemiología. Una de las investigaciones precursoras de estos aspectos fue desarrollada por [107], cuyo objetivo principal era establecer mecanismos de inmunización a cierto grupo de individuos, a partir de medidas topológicas de grafos y redes, con las cuales establecer esquemas priorizados que articulen las diversidades sociales, económicas y ambientales de los individuos. De esta forma,

se logran implementar medidas de intervención adaptadas a las condiciones particulares de cada uno de ellos. Por su parte, en [108] establecieron una aproximación desde las redes complejas, con un enfoque metapoblacional, para evaluar la influencia que tiene la movilidad de la población con las enfermedades transmisibles. Una de las conclusiones más importantes, gracias a este modelo, fue la sincronización entre la movilidad a cortas distancias con los principales corredores endémicos de los lugares seleccionados en el estudio.

Construcción de las redes complejas

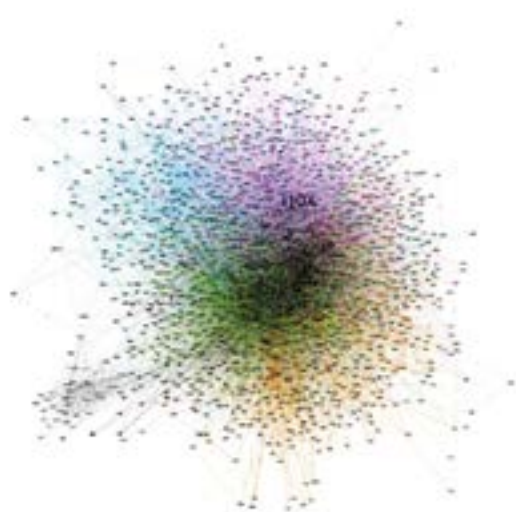
Para la implementación de las redes complejas utilizadas en esta investigación, se tomará como componente principal la información referida a los diagnósticos, obtenidos del RIPS, de los individuos clasificados como Sisbén I-II. Para este caso, los nodos serán los diagnósticos principales y secundarios reportados por cada individuo, en cada consulta. Por lo tanto, los enlaces entre estos serán la coocurrencia de los diagnósticos por cada individuo. Por tratarse de una gran cantidad de datos y de individuos con un posible comportamiento similar, es necesario establecer enlaces sin direccionalidad. El esquema básico que será utilizado para su construcción se presenta en la fig. 15.

Fig. 15. Modelo de construcción de la red de compleja de morbilidad de la población clasificada en Sisbén I-II del departamento de Risaralda.



Donde D_1 , D_2 y D_3 son los diagnósticos principales y secundarios registrados por un individuo y w_{12} , w_{13} , w_{23} son la frecuencia o la cantidad de coocurrencia que tienen esos diagnósticos en los reportes de RIPS. Una condición importante por mencionar es que, por tratarse de una red no dirigida $w_{ij} = w_{ji}$. De conformidad con ello, se presenta la red compleja de los diagnósticos que representa la morbilidad de la población clasificada por el Sisbén en nivel I-II (ver fig. 16)

Fig. 16. Modelo de construcción de la red de compleja de morbilidad de la población clasificada en Sisbén I-II del departamento de Risaralda.



A partir de estos resultados, se llega a las medidas topológicas de las redes complejas, las cuales resultan de utilidad para tener una aproximación sistémica de la morbilidad de estos individuos. La primera métrica que se analizará es la densidad, cuyo objetivo es cuantificar el grado de interacción entre los diagnósticos, de manera tal, que se pueda realizar la detección de la heterogeneidad u homogeneidad de la configuración de los diagnósticos y su relación con la emergencia de la morbilidad global. Para este caso, la densidad es muy baja (0.003), lo que permite inferir, a primera vista, que existe una preferencialidad del sistema por algunos diagnósticos. Ahora, para

la visibilización de estos diagnósticos que tienen una preponderancia importante en la configuración de la morbilidad, se utilizará la cuantificación del grado k_i . El grado es una medida topológica que da cuenta de las interacciones de los nodos en una red, es decir, es una métrica que permite obtener la valoración de aspectos relacionados con el prestigio y los procesos de intercambio de información al interior de la red. Para este caso, por tratarse de una red no dirigida, solo se tendrá una cuantificación —porque se entiende que las conexiones son recíprocas— y, a partir de ella, es posible tener un acercamiento a los nodos y sus subsistemas, conformados por diagnósticos que dinamizan la emergencia de la morbilidad y sus determinantes. Además de esta medida de conectividad, es necesario conocer los repositorios de información generados por las coocurrencias de los diagnósticos de los individuos, para que así se articule la medida de fortaleza nodal (F_i). Para la cuantificación de esta medida se utilizará la siguiente fórmula: $F_i = \sum_j \omega_{ij}$.

TABLA XVIII.

Grado y fortaleza de los principales nodos de la red.

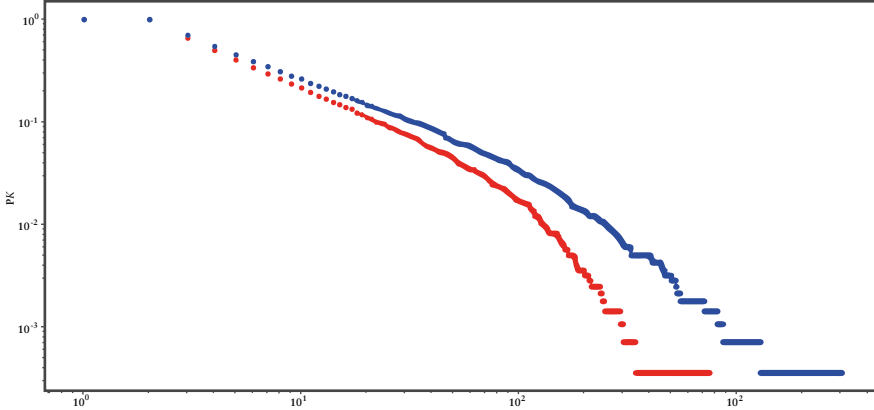
Red compleja de morbilidad de diagnósticos de población categorizada en Sisbén I-II del departamento de Risaralda del 2011 al 2016.

Diagnóstico (i)	Nombre	K_i	F_i
<i>I10X</i>	Hipertensión primaria	1259	9918
<i>N390</i>	Infección urinaria	534	6213
<i>J00X</i>	Rinofaringitis	498	5610
<i>K297</i>	Gastritis no especificada	444	5344
<i>E039</i>	Hipotiroidismo	415	5152
<i>B829</i>	Parasitosis intestinal	341	4284
<i>M545</i>	Lumbago no especificado	339	4102
<i>E119</i>	Diabetes mellitus no insulino dependiente	306	3609

Con estos resultados se puede analizar la relación que tienen los diagnósticos con la configuración de la morbilidad en el territorio. La primera métrica analizada es K_p , que representa el grado del nodo, y para esta red —siguiendo la ley de Pareto— la mayor cantidad de conexiones se concentran en el diagnóstico de la hipertensión primaria (según el estándar CIE10) con 1259 conexiones, seguido de la infección urinaria no especificada, posteriormente aparecen la rinofaringitis aguda, la gastritis no especificada, el hipotiroidismo no especificado, los parasitosis intestinal sin otra especificación, el lumbago no especificado y, por último, la diabetes mellitus no insulín dependiente. Un aspecto importante que considerar en este estudio es que la conectividad o el grado nodal no puede ser considerado como un único indicador de las condiciones sistémicas de la morbilidad, porque pueden existir nodos con un gran número de conexiones, sin embargo, con un número de coocurrencias muy bajo. De esta forma, se limita su participación en la configuración tanto del sistema como de su emergencia y autoorganización. Una alternativa para estudiar la influencia de los diagnósticos sobre las características de emergencias y autoorganizativas es analizar la distribución o secuencia de la fortaleza nodal, puesto que es una medida que da cuenta de los patrones relacionados con el flujo de la información. De esta manera, se pueden visualizar las rutas preferenciales donde circula la información más importante del sistema. Para esto, se calcula la distribución de fortaleza acumulativa complementaria, definida en la siguiente ecuación:

$$P(k) = \int_k^{\infty} p(k) d_k \quad (2.3)$$

Con el objeto de entender cómo se configura el sistema, se realizará la edificación de subsistemas con ventanas de tiempo anuales, como se presentan a continuación:

Fig. 17. Distribución de fortaleza (azul) y distribución de grado (rojo).

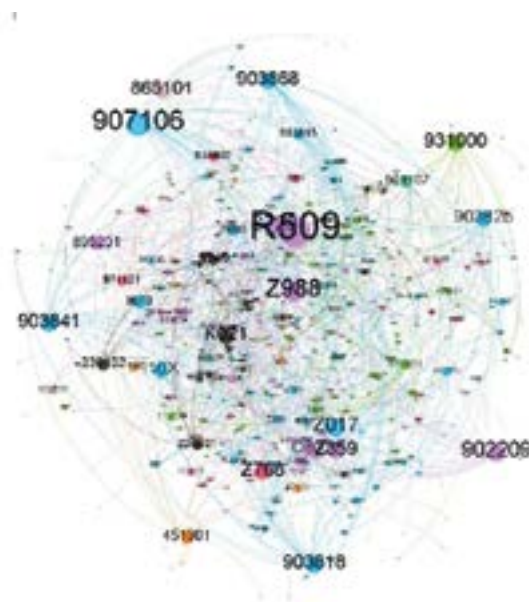
Con los resultados obtenidos de la distribución de fortaleza y grado, se pueden visualizar aspectos importantes que permiten reconocer componentes dinámicos y configurativos del sistema. El primer elemento a estudiar es la distribución de fortaleza, porque, como se mencionó previamente, es de gran utilidad en los procesos de transferencia de información. Además de las métricas previamente mencionadas, las medidas topológicas relacionadas con el flujo de información en las redes, facilitan la cuantificación de patrones de organización u orden en estos sistemas. Razón por la cual, la entropía se convierte una métrica importante para cualificar las configuraciones de los factores sociales que determinan el bienestar de la salud. Con esta aproximación, se logra tener los subsistemas o subgrafos con flujos intensos y significativos. La ecuación con la cual se hará esta aproximación será la propuesta por [109], quien la define como se presenta a continuación:

$$S = -\sum_j p_{ij} \log_2 p_{ij} \quad (2.3.a)$$

Por lo tanto, la condición de máxima entropía se tendrá cuando $\partial S = 0$; y es en este punto, donde S escala como una función exponencial. En ese sentido, como la distribución se representa en un plano Log-Log, las regiones cuyo escalamiento es no lineal son clasificadas como regiones de máxima entropía. Así que, para este caso, se hará una depuración en la red del escalamiento a ley de potencias (mínima

entropía). Para el caso de esta curva, estas regiones de fortaleza están entre $[10^1, 10^2]$ y $[10^2, 10^3]$. El segundo proceso es realizar el mismo procedimiento de la distribución de la fortaleza de la máxima entropía con la conectividad de los nodos en la red. Un hallazgo importante de esta segunda aproximación es que los intervalos de mínima entropía de ambas distribuciones son iguales y, por tanto, se realizarán los mismos cortes en valores de fortaleza y conectividad. Además de lograr encontrar estas regiones, esta depuración permite eliminar los diagnósticos mal dictaminados, como por ejemplo Z321 código CIE-10 para casos de embarazos confirmados en hombres, porque normalmente estos diagnósticos tienen valores de conectividad y de fortaleza muy bajos, por tanto, desaparecerán de la red. Resultando la red que se presenta a continuación:

Fig. 18. Red compleja de diagnósticos de la población clasificada por Sisbén I-II con mínima entropía.



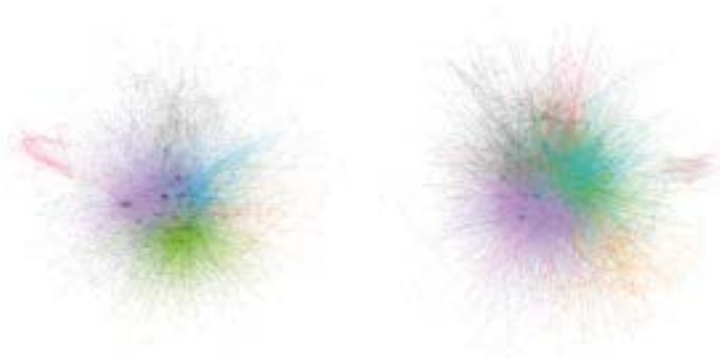
2.3.1 Análisis de la evolución de la morbilidad y sus determinantes en la población clasificada por el Sisbén I-II

Para la construcción de la evolución se realizará una réplica de la metodología de construcción de la red, métricas topológicas y análisis de entropía. El primer elemento que se debe construir son las redes las cuales se presentan a continuación:

Fig. 19. Comportamiento de las redes complejas de morbilidad. (a) 2011. (b) 2012. (c) 2013.



Fig. 20. Comportamiento de las redes complejas de morbilidad. (a) 2014. (b) 2015.



En la fig. 20 se presenta el comportamiento del indicador sistémico de la morbilidad entre el 2011 y 2013. Un aspecto a resaltar es la selección del primer componente con el cual se realizará su evolución. Se

presentan tres medidas topológicas de las redes, que permiten visualizar sus cambios configurativos al paso del tiempo, estas medidas son densidad, número de nodos y número de aristas (ver tabla a continuación).

TABLA XIX.

Medidas topológicas de las redes de diagnósticos entre 2011-2013.

Año	Densidad	Nodos	Aristas
2011	0.035	2819	13978
2012	0.035	2863	14662
2013	0.035	3064	16487

Un elemento significativo de los resultados obtenidos en este análisis se encuentra en la medida de la densidad¹ en los tres periodos. A primera vista se podría afirmar que las condiciones son constantes, porque la valoración de la densidad es la misma, pero esta afirmación no es del todo cierta, por esto, es importante realizar una discusión en dos momentos. El primero está referido a la cuantificación de la densidad —su valor se encuentra entre cero y uno—, puesto que es un valor relativamente bajo y, por tanto, se puede inferir que la dinámica de crecimiento del sistema no es muy alta y se realiza a la misma razón. Es decir, la interacción entre los diagnósticos no cambia drásticamente al paso del tiempo. Por esta razón, aunque la valoración de la densidad es constante en el periodo de estudio, no se puede argumentar que el proceso de crecimiento es igual en cada uno de los periodos seleccionados, porque la cantidad de nodos y aristas cambian considerablemente al paso del tiempo. A pesar de estos elementos mencionados, es innegable que estos subsistemas tienen una similitud topológica, lo cual sí es inferible desde la densidad, puesto que esta medida da cuenta de los procesos configurativos de los subsistemas y la influencia que tienen estos en el sistema.

El segundo componente explicativo de la valoración de la densidad está referido a la conectividad e interacción que tienen los nodos en los diferentes subsistemas, obtenidos en el periodo de estudio. A pesar de tener una baja magnitud, las conexiones permiten denotar

¹ Es una medida que pondera el grado de interacción entre los nodos de la red

algunos elementos de preferencialidad que dan cuenta de las asociaciones entre los diagnósticos y las comorbilidades como consecuencia de algunos determinantes. Para ello, se toman en cuenta las medidas de cantidad de nodos y aristas.

La cantidad de nodos de una red compleja es una medida que permite estudiar el crecimiento y la evolución de la red, porque la presencia o ausencia de nodos determina el comportamiento del sistema. Además de las características anteriormente mencionadas, para este caso, la cantidad de nodos permite visualizar la progresión de los diagnósticos y su impacto en las condiciones de morbilidad en las diferentes ventanas de tiempo. La primera valoración de la cantidad de nodos obtenidos es para el subsistema de 2011, con un total de 2819 nodos asociados con 13 978 aristas, configurando así un promedio de cinco interacciones entre cada nodo. Este resultado permite, de manera detallada y con mayor precisión, estudiar la configuración del subsistema de diagnósticos y las comorbilidades que influyen notablemente en el estatus de salud de los individuos.

Además de estos resultados, el grado promedio de conectividad da cuenta de los aspectos fractálicos imperantes para la configuración de la emergencia de la morbilidad y sus determinantes. En otras palabras, las comorbilidades, bajo este enfoque analítico, son también causales de determinación, lo cual permite generar una visión diferente a los aspectos clásicos socioeconómicos; por esto, la importancia del estudio de los *cliques* en esta investigación. Para 2012, aunque la variación de los nodos y las aristas fue muy importante en términos comparativos con 2011, la relación de conectividad a partir del grado promedio continúa en cinco, lo cual confirma que esta magnitud es importante para establecer la cantidad de factores mínimos —en este caso diagnósticos— que se requieren para determinar un individuo o grupo de individuos. En 2013, el patrón de conectividad promedio estaba cerca a las cinco interacciones entre los nodos; un aspecto interesante, porque el patrón de progresión de crecimiento de la red no tiene incidencia en la determinación de los diagnósticos mínimos necesarios para establecer la influencia en la determinación. Esto motiva a estudiar los subgrafos internos de las redes que representan los subsistemas en la emergencia de la morbilidad, a través de las comunidades o *clusters* que generan estas interacciones, las cuales se presentarán en los apartados posteriores. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en 2014 y 2015.

TABLA XIX.

Medidas topológicas de las redes de diagnósticos entre el 2014 y el 2015

Año	Densidad	Nodos	Aristas
2014	0.037	3091	17558
2015	0.034	3071	15939

Para el 2014, los resultados topológicos no son tan diferentes a los presentados en el 2013, incluso incrementó el tamaño de la red según la cantidad de nodos, pero no ocurrió lo mismo con sus conexiones. A pesar de esta situación, se logró obtener un hallazgo importante, el cual está basado en un estado conservativo de la densidad y la conectividad promedio por nodo, con lo cual se demuestra que, al paso del tiempo, la cantidad mínima de diagnóstico para establecer la determinación es constante. En cuanto a los resultados obtenidos en el 2015, estos muestran una reducción en las métricas topológicas de los subsistemas de morbilidad, en relación con las presentadas en el 2014, lo cual denota una condición de estacionalidad del sistema. Es decir, el sistema ya alcanzó su punto máximo de configuración desde las condiciones fractálicas formadas entre los nodos y las aristas. Pero la tendencia de conservación del sistema prevalece, ya que la densidad permanece cercana a 0.003 y la conectividad promedio en la vecindad es de cinco.

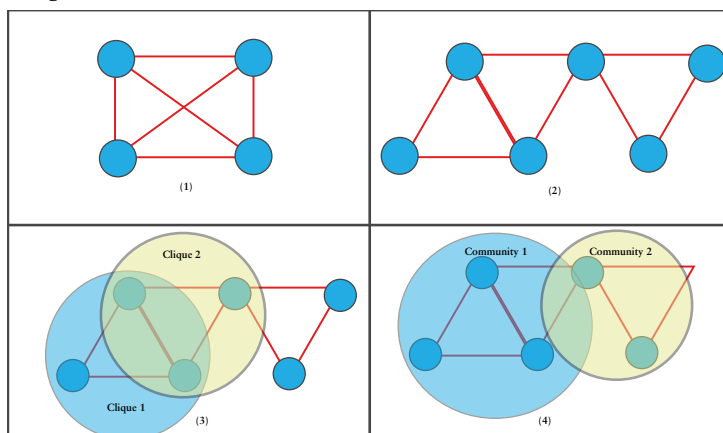
A manera de conclusión, los resultados topológicos de los subsistemas de morbilidad, a partir de los diagnósticos de Risaralda entre el 2011 y el 2015, presentan varios aspectos interesantes. El primero es la característica de conservación durante el espacio temporal seleccionado, la cual fue valorada por la densidad y la conectividad promedio de grado; esto permitió llegar a una primera cuantificación endógena de los subsistemas de morbilidad para analizar tanto la emergencia de la morbilidad en todo el departamento como las comorbilidades que propician su determinación. El segundo aporte está referido a las características dinámicas de estos subsistemas frente al paso del tiempo y su tendencia a reducirse. Es decir, los subsistemas alcanzan un punto de equilibrio en un instante de tiempo específico y, por ende, afectan al sistema en algunas características topológicas, aunque también conserva otras. Por esto, es necesario realizar un estudio en detalle de

los aspectos internos de las redes o subsistemas para establecer los factores que propician esta dinámica, ya que, a pesar de tener valores conservativos desde una perspectiva macroscópica, pueden tener diferencias importantes a nivel micro; por lo tanto, es necesario incorporar análisis fractálicos a partir de los subgrafos y de las comunidades.

2.3.2 Detección de comunidades

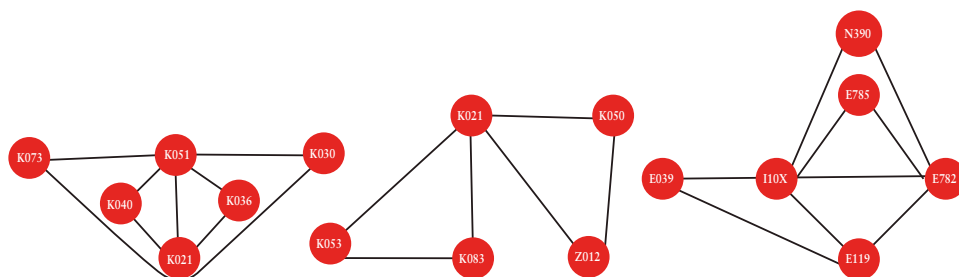
Las comunidades son agrupaciones de nodos, los cuales, a través de sus conexiones, configuran condiciones topológicas especiales que regulan las condiciones emergentes de las redes complejas que representan los sistemas o subsistemas físicos, biológicos, entre otros. Existe una diversidad de algoritmos que realizan las particiones de las comunidades, como se presentan en [110]. En el caso particular de esta investigación, se requiere de una partición que no genere unicidad en la pertenencia de los nodos a las comunidades, ya que un diagnóstico puede ser determinante en las diferentes comorbilidades de los individuos. Por esta razón, para esta investigación se ha seleccionado el algoritmo de *k-communities* de [111] y [112], porque es un algoritmo que permite realizar un particionado superpuesto, es decir, los nodos tienen la posibilidad de pertenecer a más de una comunidad. Con lo cual, también se da la posibilidad de evaluar el impacto de su influencia o rol en cada una de las comunidades a las que pertenecen. En la siguiente figura se presenta el algoritmo utilizado.

Fig. 21. Algoritmo de detección de comunidades *k-communities*.



De acuerdo a la figura anterior, el primer componente que se debe realizar para la construcción de las comunidades es la detección de los *cliques* con el algoritmo de [113] y con las mejoras de [114], los cuales permiten obtener una cantidad de *cliques* que superen un número de tamaño de *k-cliques*. Es decir, bajo este enfoque se pueden priorizar la cantidad mínima de elementos o interacciones completas —a nivel de *cliques*, que son grafos o subgrafos donde todos sus nodos interactúan entre sí— de los nodos al interior de la red para ser utilizados en la construcción de las comunidades. Para este caso, las unidades mínimas serán definidas según los resultados obtenidos en las medidas topológicas presentadas en el apartado anterior, en la cual se estableció que la cantidad promedio de interacción entre los nodos es cercana a cinco. Esto no significa que la cantidad mínima de *cliques* seleccionados para las comunidades debe ser mayor o igual a este valor —cantidad de interacciones promedio por nodo—, porque, en redes reales, *cliques* con $k = 5$ no se encuentran en modelos sociales o modelos contruidos a través de individuos o grupos de individuos. Por ello, se explorarán *cliques* con valores cercanos a la vecindad de cinco, al seleccionar como valores óptimos tres y cuatro, a partir de los resultados de [115], [116] y [117]. A continuación, se presentan las comunidades con la mayor frecuencia en cada uno de los correspondientes años, entre el 2014 y el 2016:

Fig. 22. Comunidades obtenidas con el algoritmo *k-communities* (con $K = 3$) en el subsistema de morbilidad a partir de los diagnósticos (representados con su código CIE-10) de la población clasificada por el Sisbén I-II en el departamento de Risaralda. (a) 2011. (b) 2012. (c) 2013.



La primera comunidad (fig. ubicada a la izquierda) presenta una particularidad especial, la cual es que todos sus diagnósticos están relacionados con aspectos odontológicos. Este hallazgo no presenta un alto nivel de importancia en la configuración del riesgo de ciertas morbilidades, ni en los aspectos que propician la determinación intermedia. Sin embargo, es un gran insumo útil para la construcción de programas o medidas de intervención con niveles de focalización diferenciales, como se establece en los principios de estratificación y exposición diferencial. Estos elementos pueden tener una mayor presencia o impacto en algunos grupos etarios específicos, por ejemplo, primera infancia, infancia y adolescencia, sexo o una posición geográfica (ejemplo rural o urbana). Así, las configuraciones de algunas estrategias de salud pública pueden ser iguales para toda la región, pero acordes con los niveles de magnificación en los grupos más vulnerables. La segunda comunidad (fig. ubicada en el centro) es una subdivisión de la fig. presentada en la comunidad uno, por tanto, sus programas o medidas de intervención son similares a las anteriores. La tercera comunidad (fig. ubicada a la derecha) difiere considerablemente de las anteriores, porque, en primera instancia, desaparecen todos los diagnósticos relacionados con situaciones odontológicas y, en segundo lugar, aparecen diagnósticos de enfermedades no transmisibles relacionadas con aspectos cardiovasculares; estas generan la mayor carga de enfermedad al sistema de salud regional y nacional. Uno de los componentes o *cliques* de esta comunidad que se convierte en un elemento importante es la triada conformada por los diagnósticos I10X (hipertensión primaria), E119 (diabetes mellitus no insulino dependiente sin mención de complicación) y E669 (obesidad no especificada). Para estudiar el impacto de estos diagnósticos en los periodos de tiempos posteriores, se realizará un proceso similar al anterior, pero con la salvedad de que las comunidades más importantes serán producto de su grado de superposición en los *cliques* y se realizará una evaluación de los flujos al interior de los subgrafos a través de los *motifs*.

2.3.3 *Motifs*

Los *motifs* son patrones de interconexiones producidos en redes complejas aleatorias, donde circula la información más privilegiada del

sistema [118]. Este tipo de patrones se pueden encontrar en biología ([119],[120]), ecología ([121],[122]), entre otras. Las redes *motifs* poseen características intrínsecas que condicionan la probabilidad de ocurrencia de determinados valores en los nodos, así se apliquen algunos cortes a la red ([118]). Así, estas ocurrencias generan una serie de tendencias en la información que circula en la red, como por ejemplo la emergencia de consensos entre los nodos que controlan su flujo. Esta característica se convierte en un elemento importante para asociar los diagnósticos y las enfermedades que configuran la morbilidad, como los determinantes de los individuos en el departamento de Risaralda. Para priorizar estos elementos en esta investigación, se han incorporado las aproximaciones de intensidad y coherencia de [123]. La intensidad ($I(g)$) es utilizada para valorar qué tan fuerte son los enlaces que hacen parte del *motifs*, por tanto, el $I(g)$ se define como:

$$I(g) = \left(\prod \omega_{ij}^g \right)^{\frac{1}{|g|}} \quad (2.2.3.a)$$

Donde es el peso de la arista de los i y j . Por su parte, g es el subgrafo o *motifs*, que es obtenido una vez aplique el algoritmo de detección de comunidades [111]. La coherencia es una forma de valoración del consenso entre los enlaces del *motifs*. Es decir, la intensidad no es sinónimo de homogeneidad, por esto, la coherencia ($Q(g)$) intenta cuantificar aproximándose al consenso entre la intensidad y la homogeneidad de los pesos en ese *motifs*:

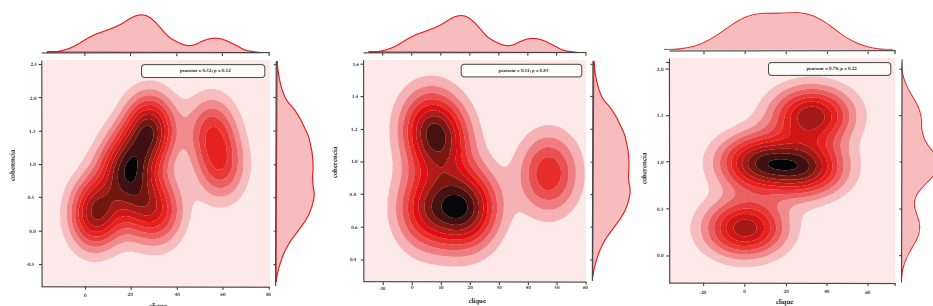
$$Q(g) = \left(\frac{I(g)}{\sum_{ij \in g} w_{ij}^g} \right) \quad (2.2.3.b)$$

Como uno de los principales objetivos de esta investigación es encontrar los patrones de emergencia de la morbilidad y su determinación, entonces, se procederá a realizar un análisis de la evaluación de la morbilidad en diferentes ventanas de tiempo, en los periodos seleccionados para este estudio.

En cuanto a la configuración interna, un aspecto relevante para analizar es el comportamiento de los *motifs* obtenidos de la detección de comunidades con el algoritmo de *k-communities* y las medidas de intensidad, coherencia de [123]. Para obtener un nivel de desagregación

de los subgrafos, se iniciará el análisis de los componentes más básicos de la red, en este caso los *cliques*. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para los años comprendidos entre el 2014 y el 2016.

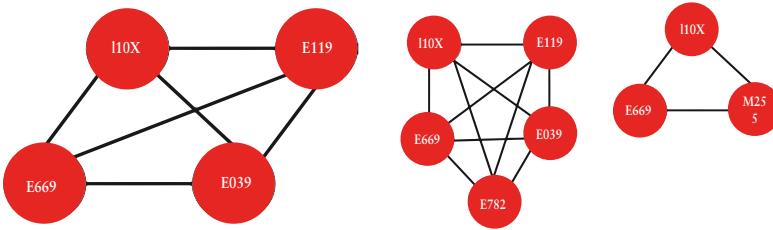
Fig. 23. Coherencia de *motifs* de las redes entre el 2014 y el 2016. (a) 2014. (b) 2015. (c) 2016.



En los resultados presentados en la fig. 23, se observa que la intensidad y la coherencia de los *motifs* difieren considerablemente al paso del tiempo. Es decir, la fortaleza de la interacción entre los diagnósticos se hace más intensa y, por tanto, algunos *cliques* toman mayor importancia en la emergencia de la morbilidad en el departamento. Para el caso del año 2014, la distribución de la fortaleza está más concentrada entre los *cliques* 20-40, con valores de $Q(g)$ que superan a la unidad. Adicional a ello, se puede observar un comportamiento entre los *cliques* 50-60 que, aunque no son igual de fuertes que los anteriores, sí poseen información importante para la definición de los determinantes intermedios de la salud de la población. En el 2015, ocurren dos hitos importantes en relación con el anterior periodo. El primero es en cuanto a la reducción de la magnitud de $Q(g)$, es decir, la fortaleza de interacción entre los diagnósticos reportados en ese año, donde posee, en mayor proporción, valoraciones de $Q(g)$ que no alcanzan la unidad. El segundo está relacionado con la forma como se distribuyen los datos en el espacio, con un leve sesgo hacia la izquierda y con una densidad menor. En el 2016, no solo se tiene el incremento de la coherencia de los *cliques* que conforman los *motifs*, sino también se tiene un cambio importante en la forma que se distribuye su valoración.

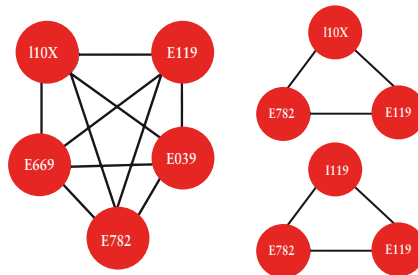
Es decir, el aumento del área correspondiente a la distribución de la densidad de la coherencia permite inferir que ese aumento es debido al nivel de fortaleza alcanzado por cada *clique*. Por lo tanto, para entender la incidencia de estos aspectos en la morbilidad emergente, es necesario realizar una visualización detallada de los cliques y las comunidades que generaron los resultados presentados con anterioridad.

Fig. 24. *Cliques* con mayor nivel de coherencia entre el 2014 y el 2015. (a) 2014. (b) 2015.



Para el periodo entre el 2014 y el 2016, el *clique* presenta la mayor magnitud de coherencia y el mayor número de superposiciones, como se presenta en la fig. 24. (a). Este *clique*, a su vez, es una comunidad y se caracteriza por enfermedades crónicas clasificadas en el grupo de las hipertensivas y metabólicas. Adicional a ello, se encuentra un crecimiento en la interacción de diagnósticos cardiovasculares entre el 2014 y el 2015, pero sin afectar las leyes de conservación presentadas en el análisis topológico de la red. Esto significa, la cantidad de diagnósticos necesarios para establecer el grado de determinación (grado promedio de conectividad de los diagnósticos).

Fig. 25. *Cliques* con mayor nivel de coherencia en 2016.



En el 2016, continua la tendencia epidemiológica de los diagnósticos pertenecientes a enfermedades cardiovasculares con las mismas leyes de conservación. Sin embargo, es importante resaltar que las interacciones y el nivel de fortaleza de las mismas han incrementado considerablemente, como lo refleja la coherencia de los *motifs* presentados en la fig. 25. Así, se podría inferir que la morbilidad actual es un fenómeno que empezó a configurarse entre el 2012 y el 2013, con un crecimiento importante entre el 2014 y el 2015, y con un punto de equilibrio en el 2016. En este sentido, se puede argumentar que la morbilidad del departamento de Risaralda está definida por los tres subgrafos presentados en la figura anterior. Cuando se menciona la condición de equilibrio en esta investigación se hace referencia a que la red ya no crece más en cantidad de nodos y, muy levemente, en el número aristas. Por lo tanto, la cuantificación de la intensidad y la coherencia de los *motifs* se convierte en un instrumento importante para estudiar la morbilidad como un componente sistémico (en los Anexos se presenta el análisis por sexo y grupo etario).

3. Anexos

Fig. 26. *Cliques* diagnósticos de hombres entre 0-14 años.

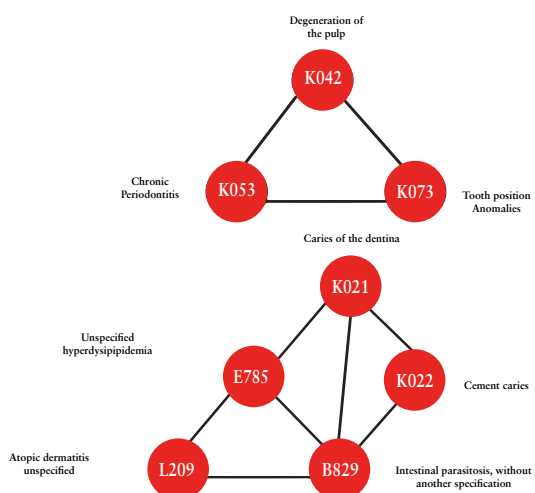


Fig. 27. *Cliques* diagnósticos de hombres entre 15-44 años.

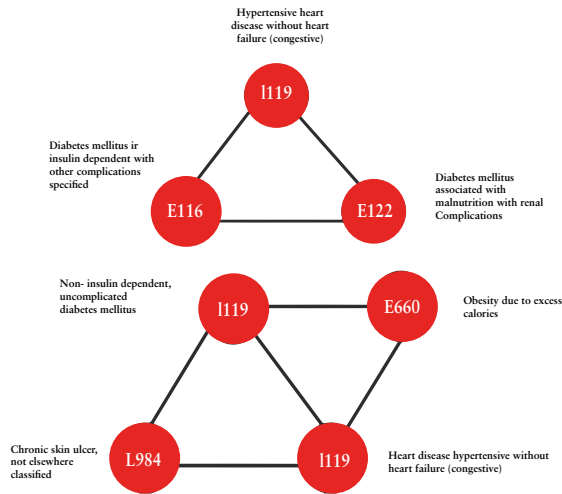


Fig. 28. *Cliques* diagnósticos de hombres entre 45-60 años.

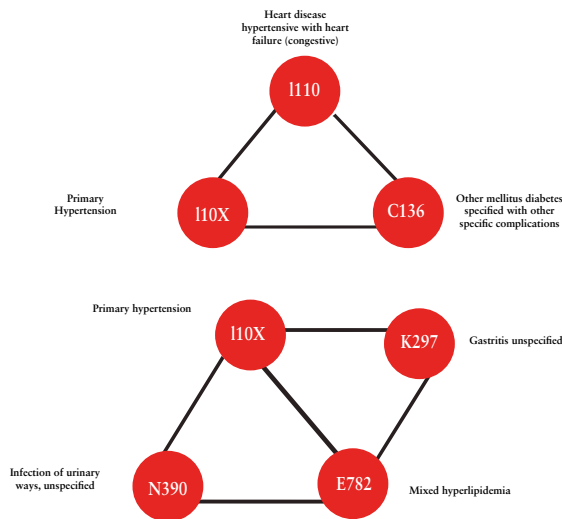


Fig. 29. *Cliques* diagnósticos de mujeres entre 0-14 años.

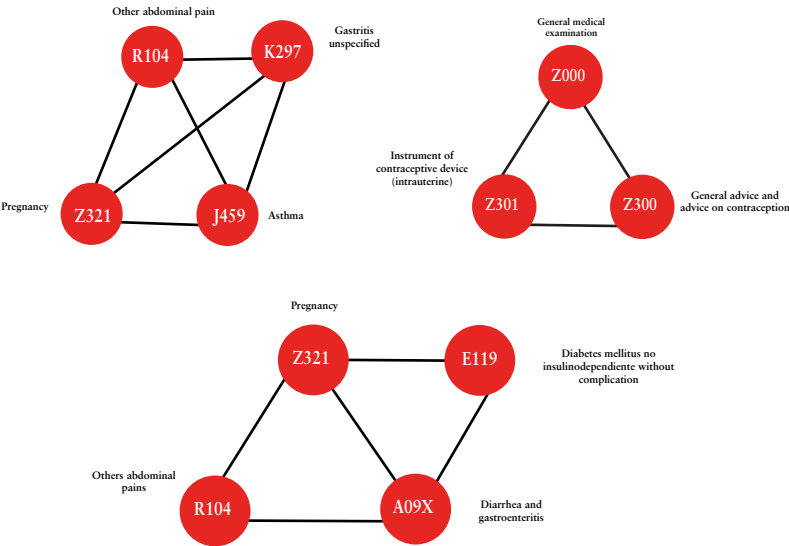


Fig. 30. *Cliques* diagnósticos de mujeres entre 15-44 años.

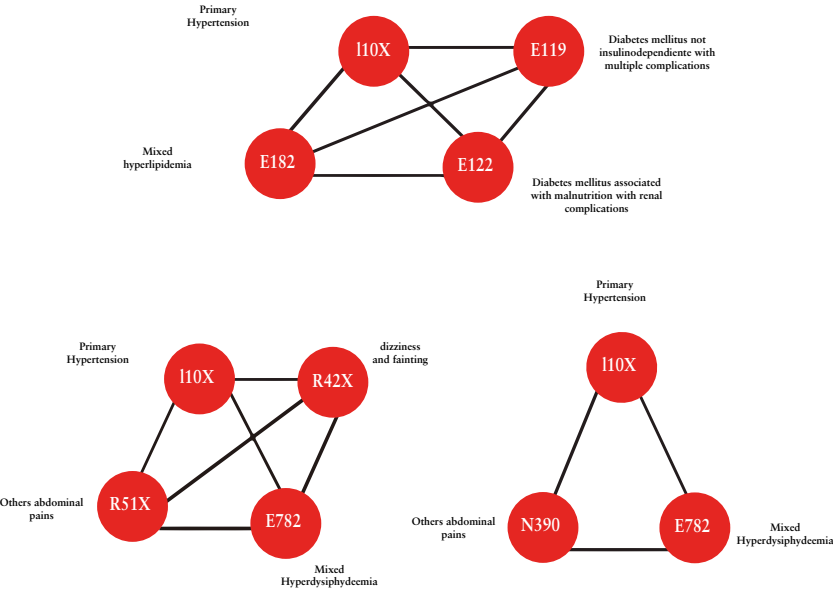


Fig. 32. *Cliques* diagnósticos de mujeres entre 45-60 años.

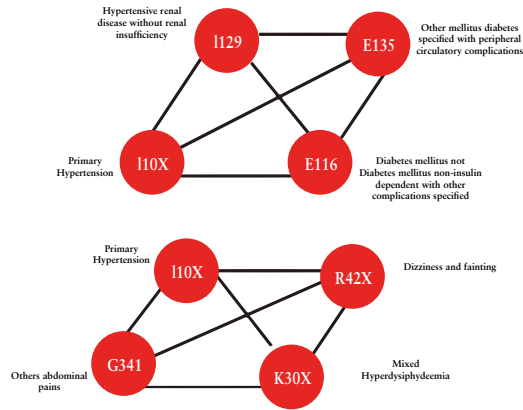


Fig. 33. Categorización de desenlaces del sexo femenino en el IMDESS medio-alto.

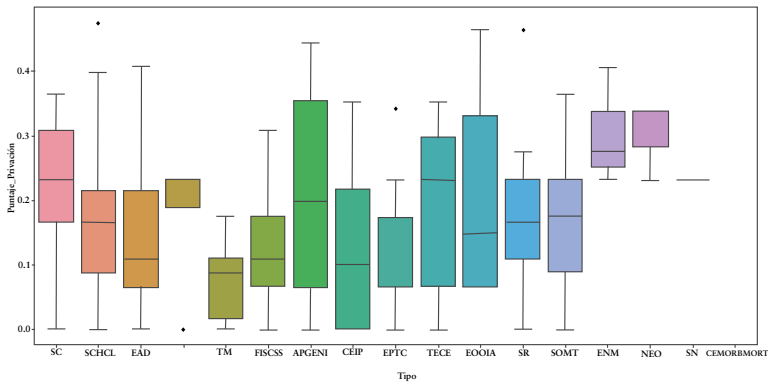


Fig. 34. Categorización de desenlaces del sexo masculino en el IMDESS medio-alto

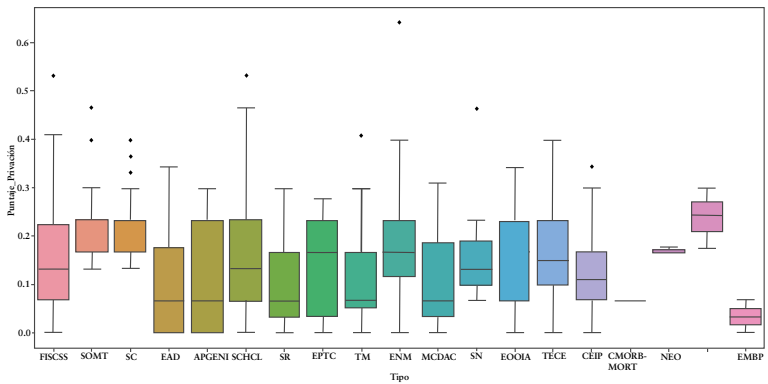


Fig. 35. Categorización de desenlaces del sexo femenino en el IMDESS bajo

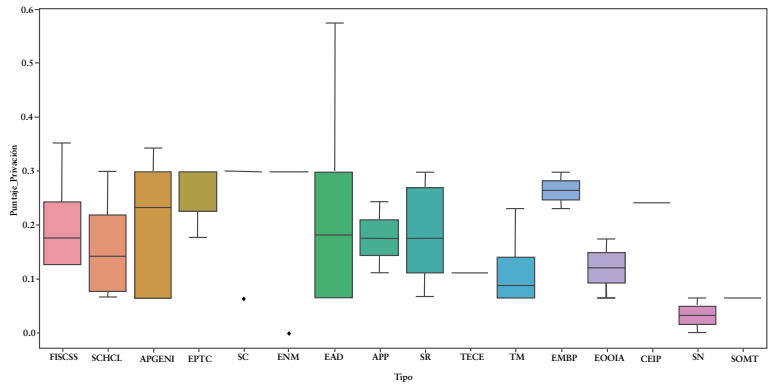
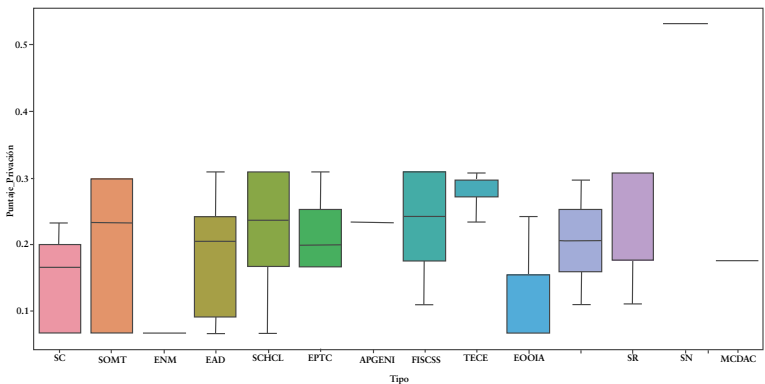


Fig. 36. Categorización de desenlaces del sexo masculino en el IMDESS bajo



Referencias

- [1] S. Anand y A. Sen. (2000, dic.). “Human development and economic sustainability”, *World Development*. [En línea]. Vol. 28, n° 12, pp. 2029–2049. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00071-1](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00071-1).
- [2] T. Demals y A. Hyard. (2014, jun.). “Is Amartya Sen’s sustainable freedom a broader vision of sustainability?”, *Ecological economics*. [En línea]. Vol. 102, pp. 33–38. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.03.009>.
- [3] R. G. Wilkinson y M. Marmot, eds., *Social Determinants of Health: The Solid Facts*, Copenhagen, Dinamarca: World Health Organization, 2003.
- [4] N. E. Adler y D. H. Rehkopf. (2008, abr.) “u.s. disparities in health: descriptions, causes, and mechanisms”. *Annual Review of Public Health*. [En línea]. Vol. 29, pp. 235–252. Disponible en <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090852>.
- [5] R. Wilkinson y M. Marmot, eds. (2003). *Determinantes sociales de la salud: los hechos irrefutables*; R. Páramo-Gómez del Campo, trad. [En línea]. Disponible en https://escpromotorasdesalud.weebly.com/uploads/1/3/9/4/13940309/determinantes_sociales_de_la_salud._los_hechos_irrefutables.pdf.
- [6] C. Azariadis y J. Stachurski. “Poverty traps”, en *Handbook of Economic Growth*; P. Aghion y S. N. Durlauf, eds., vol. 1a, Ámsterdam: Elsevier, 2005, pp. 295–384.
- [7] A. Sen. *Development as freedom*. Oxford: Oxford University Press, 2001.

- [8] J. Mathieson, J. Popay, E. Enoch *et al.*, “Social exclusion meaning, measurement and experience and links to health inequalities. A review of literatura”, WHO, sep., 2008.
- [9] A. Sen. (1985, abr.). “Well-being, agency and freedom: the dewey lectures 1984”, *The journal of philosophy*. [En línea]. Vol. 82, n° 4, pp. 169–221. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/2026184?origin=JSTOR-pdf>.
- [10] E. Holden, K. Linnerud y D. Banister. (2017, sep.). “The imperatives of sustainable development”, *Sustainable Development*. [En línea]. Vol. 25, n° 3, pp. 213–226. Disponible en <https://doi.org/10.1002/sd.1647>.
- [11] A. Sen. (1976, marzo). “Poverty: an ordinal approach to measurement”, *Econometrica: Journal of the Econometric Society*. [En línea]. Vol. 44, n° 2, pp. 219–231. <http://www.jstor.org/stable/1912718?origin=JSTOR-pdf>.
- [12] A. Sen. *Inequality Reexamined*. Nueva York: Russell Sage Foundation, 1992.
- [13] A. Sen, *Poverty and Famines: an Essay on Entitlement and Deprivation*, Oxford: Oxford University Press, 1981.
- [14] S. Alkire y M. E. Santos. (2013, febr.). “A multidimensional approach: poverty measurement & beyond”. *Social Indicators Research*. [En línea]. Vol. 112, n° 2, pp. 239–257. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s11205-013-0257-3>
- [15] N. Hicks y P. Streeten. (1979, jun.). “Indicators of development: the search for a basic needs yardstick”, *World Development*. [En línea]. Vol. 7, n° 6, pp. 567–580. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(79\)90093-7](https://doi.org/10.1016/0305-750X(79)90093-7).
- [16] M. Ravallion. *Issues in Measuring and Modeling Poverty*. Washinton D. C.: World Bank Publications, 1999.
- [17] M. E. Santos. (2014, sept.). “El índice multidimensional y trampas de pobreza en el cono sur”, *Problemas del Desarrollo*. [En línea]. Vol. 45, n° 178, pp.89-112. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0301-7036\(14\)70877-6](https://doi.org/10.1016/S0301-7036(14)70877-6).
- [18] M. Marmot. (2005, marzo). “Social determinants of health inequalities”, *The Lancet*. [En línea]. Vol. 365, n° 9464, pp. 1099–1104. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)71146-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)71146-6).
- [19] S. Alkire, J. Foster, S. Seth *et al.*, *Multidimensional Poverty Measurement and Analysis*. Oxford, Oxford University Press, 2015.

- [20] Palvarini y E. Pavolini, “Housing deprivation and vulnerability in western europe, en *Social Vulnerability in Europe: The New Configuration of Social Risks*; C. Ranci, ed., Nueva York, Palgrave Macmillan, 2009, pp. 129-158.
- [21] B. Besma. (2016, mayo). “Inequality among the poor in poverty measure case of tunisia (2005–2010)”, *OPSEARCH*. [En línea]. Vol. 53, n° 2, pp. 409–425. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s12597-016-0268-3>.
- [22] O. Sunkel y N. Gligo, *Estilos de desarrollo y medio ambiente en la américa latina*, México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1980.
- [23] J. C. Feres y X. Mancero, *El método de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina*, Santiago: Cepal, 2001.
- [24] Cepal, *Desarrollo social inclusivo: una nueva generación de políticas para superar la pobreza y reducir la desigualdad en América Latina y el Caribe*, Santiago: ONU, 2016.
- [25] J. I. González, “Medidas multidimensionales de pobreza: ¿más allá del utilitarismo?”, en *Seminario Internacional Colombia en las nuevas tendencias de medición de la pobreza y la igualdad de oportunidades*, Bogotá: 2010, pp. 1-14.
- [26] A. Sen. (2006, agosto). “Human rights and capabilities”, *Journal of Human Development*. [En línea]. Vol. 6, n° 2, pp. 151–166. Disponible en <https://doi.org/10.1080/14649880500120491>.
- [27] ONU, *Carta de la organización de Naciones Unidas*, 1945.
- [28] A. S. Penteado-Setti da Rocha, T. Rocha da Cunha, W. Souza *et al.* (2017, oct.). “Human dignity, misthanasia, public health and bioethics in Brazil”, *Revista Iberoamericana de Bioética*. [En línea]. Vol. 5, n° 6. Disponible en <https://doi.org/10.14422/rib.i05.y2017.006>.
- [29] World Health Organization, *Primary Health Care*, Geneva: WHO, 1978.
- [30] Organización Panamericana de la Salud, “Declaración de Caracas”, *Conferencia sobre reestructuración de la Asistencia Psiquiátrica en América Latina*, Caracas, 1990.
- [31] *Norsk epidemiologi= Norwegian journal of epidemiology*, 19(1):5, 2009.
- [32] World Health Organization, “Constitución de la organización mundial de la salud”, *Conferencia Sanitaria Internacional*, Nueva York, 1946.

- [33] Oficina del Alto Comisionado para las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, Asamblea General, Resolución 2200 A, (1966, 16 dic.). *Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos*. [En línea]. Disponible en https://www.hchr.org.co/documentoseinformes/documentos/html/pactos/pacto_internacional_derechos_civiles_politicos.html.
- [34] J. J. Etala, *Derecho de la seguridad social*, Buenos Aires: Ediar, 1966.
- [35] Oficina del Alto Comisionado para las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, Asamblea General, Resolución 34/180, (1979, 18 dic.). *Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer*. [En línea]. Disponible en <https://www.ohchr.org/sp/professionalinterest/pages/cedaw.aspx>.
- [36] Oficina del Alto Comisionado para las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, Asamblea General, Resolución 44/25, (1989, 20 nov.). *Convención sobre los derechos del niño*. [En línea]. Disponible en <https://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/CRC.aspx>.
- [37] A. Palacios, *El modelo social de discapacidad: orígenes, caracterización y plasmación en la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad*, Madrid: Cermi, 2008.
- [38] Organización de las Naciones Unidas, Asamblea General, Resolución 217 A (III), (1948, 10 dic.). *Declaración Universal de los Derechos Humanos*. [En línea]. Disponible en https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR_Translations/spn.pdf.
- [39] Secretario General de la OEA, “Convención Americana Sobre Derechos Humanos”, *Conferencia Especializada Interamericana sobre Derechos Humanos*, San José, Costa Rica, 1969.
- [40] Secretario General de la OEA, “Protocolo de San Salvador”, *Convención Americana sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales*, San Salvador, 1998.
- [41] Secretario General de la OEA, *Convención Interamericana para la Eliminación de todas las formas de discriminación contra las personas con discapacidad*, Guatemala, 1999.
- [42] Secretario General de la OEA, *Convención Interamericana para prevenir, sancionar y erradicar la violencia contra la mujer “Convención de Belém do Pará”*, Belem do Pará, Brasil, 1994.
- [43] Organización Mundial de la Salud, Consejo Ejecutivo, Sesión 15, (1985, 17 en.). *Acta resumida provisional de la 15ª sesión*. [En línea].

- Disponible en https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/186544/EB75_SR-15_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [44] B. A. Zsembik y D. Fennell. (2005, en.). “Ethnic variation in health and the determinants of health among latinos”, *Social Science & Medicine*. [En línea]. Vol. 61, n° 1, pp. 53–63. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2004.11.040>.
 - [45] L. A. Zadeh. (1965, jun.). “Fuzzy sets”, *Information and Control*. [En línea]. Vol. 8, n° 3, pp. 338–353. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).
 - [46] J. R. Nolan. (1998, jul.). “An expert fuzzy classification system for supporting the grading of student writing samples”, *Expert Systems with Applications*. [En línea]. Vol. 15, n° 1, pp. 59–68. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0957-4174\(98\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S0957-4174(98)00011-6).
 - [47] D. J. Dubois, *Fuzzy sets and systems: theory and applications*, Nueva York: Academic press, 1980.
 - [48] A. Cerioli y S. Zani, “A fuzzy approach to the measurement of poverty”, en *Income and Wealth Distribution, Inequality and Poverty*; C. Dagum y M. Zenga, eds., Berlín: Springer, 1990, pp. 272–284.
 - [49] E. C. Martinetti. (1994, sept.). “A new approach to evaluation of well-being and poverty by fuzzy set theory”, *Giornale Degli Economisti e Annali di Economia*. [En línea]. Vol. 53, n° 7/9, pp. 367–388. Disponible en <https://www.jstor.org/stable/23247764>.
 - [50] E. C. Martinetti, “Standard of living evaluation based on sen’s approach: some methodological suggestons”, *Notizie di Politeia*, vol. 12, n° 43/44, 1996.
 - [51] E. C. Martinetti. (2000, enero). “A multidimensional assessment of well-being based on sen’s functioning approach”, *Rivista internazionale di scienze social*. [En línea]. Vol. 108, n° 2, pp. 207–239. Disponible en https://www.vitaepensiero.it/scheda-articolo_digital/enrica-chiappero-martinetti/a-multidimensional-assessment-of-well-being-based-on-sens-functioning-approach-000518_2000_0002_41634742-355776.html.
 - [52] S. Chanillo y M. K. H. Kiessling. (1995, nov.). “Conformally invariant systems of nonlinear PDE of liouville type”, *Geometric and Functional Analysis*. En línea]. Vol. 5, n° 6, pp. 924–947. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.121.8433&rep=rep1&type=pdf>.

- [53] G. Betti, B. Cheli, A. Lemmi *et al.*, “The fuzzy set approach to multi-dimensional poverty: the case of Italy in the 1990s”, en *Quantitative Approaches to Multidimensional Poverty Measurement*; N. Kakwani y J. Silber, eds., Londres: Palgrave Macmillan, 2008, pp. 30–48.
- [54] S. R. Chakravarty, “An axiomatic approach to multidimensional poverty measurement via fuzzy sets”, *Fuzzy Set Approach to Multidimensional Poverty Measurement*; A. Lemmi y G. Betti, eds., Boston: Springer, 2006, pp. 49–72.
- [55] J. Clapp y R. Wilkinson, eds., *Global Governance, Poverty and Inequality*, Londres: Routledge, 2010, pp. 43–135.
- [56] M. Qizilbash, “Philosophical accounts of vagueness, fuzzy poverty measures and multidimensionality”, *Fuzzy Set Approach to Multidimensional Poverty Measurement*; A. Lemmi y G. Betti, eds., Boston: Springer, 2006, pp. 9–28.
- [57] V. Amarante, R. Arim y A. Vigorito, “Multidimensional poverty among children in Uruguay”, en *Studies in Applied Welfare Analysis: Papers from the Third ECINEQ Meeting*; J. A. Bishop, Bingley, Reino Unido: Group Publishing Limited, 2010, pp. 31–53.
- [58] B. Belhadj. (2011, sept.). “New fuzzy indices of poverty by distinguishing three levels of poverty”, *Research in Economics*. [En línea]. vol. 65, n° 3, pp. 221–231. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rie.2010.10.002>.
- [59] B. Belhadj y M. Salah Matoussi. (2010, en.). “Poverty in Tunisia: A fuzzy measurement approach”, *Swiss Journal of Economics and Statistics*. [En línea]. Vol. 146, n° 3, pp. 431–450. Disponible en <https://sjes.springeropen.com/articles/10.1007/BF03399322>.
- [60] B. Belhadj y M. Limam. (2012, jul.). “Unidimensional and multidimensional fuzzy poverty measures: new approach”, *Economic Modelling*. [En línea]. Vol. 29, n° 4, pp. 995–1002. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.03.009>.
- [61] C. D’Ambrosio, J. Deutsch y J. Silber. (2011, jul.). “Multidimensional approaches to poverty measurement: an empirical analysis of poverty in Belgium, France, Germany, Italy and Spain, based on the European panel”, *Applied Economics*. [En línea]. Vol. 43, n° 8, pp. 951–961. Disponible en <https://doi.org/10.1080/00036840802600129>.
- [62] J. Deutsch y J. Silber. (2005, marzo). “Measuring multidimensional poverty: An empirical comparison of various approaches”, *Review of*

- Income and Wealth*. [En línea]. Vol. 51, n° 1, pp. 145–174. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1475-4991.2005.00148.x>.
- [63] S. Lelli, “Factor Analysis vs. Fuzzy Sets theory: Assessing the influence of different techniques on sen’s functioning approach”, Center fo Economic Estudios, Katholieke Universiteit Leuven, Discussion Paper Series 01.21, nov., 2001.
- [64] J. M. Roche. (2008, agosto). “Monitoring inequality among social groups: A methodology combining fuzzy set theory and principal component análisis”, *Journal of Human Development*. [En línea]. Vol. 9, n° 3, pp. 427– 452. Disponible en <https://doi.org/10.1080/14649880802236706>.
- [65] S. Fukami, M. Mizumoto y K. Tanaka. (1980, nov.). “Some considerations on fuzzy conditional inference”, *Fuzzy Sets and Systems*. [En línea]. Vol. 4, n° 3, pp. 243–273. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(80\)90014-7](https://doi.org/10.1016/0165-0114(80)90014-7).
- [66] O. Melo, *Estadística Espacial*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2013.
- [67] O. Carter-Pokras y C. Baquet. (2002, sept.). “What is a health disparity?”, *Public Health Reports*. [En línea]. Vol. 117, n° 5, pp. 426-434. Disponible en <https://dx.doi.org/10.1093%2Fphr%2F117.5.426>.
- [68] Organización Panamericana de la Salud. (1999, oct.). *Principles and Basic Concepts Of Equity And Health*. Disponible en https://pdfs.semanticscholar.org/d072/02d87aa5504e43b56fec2530fe83234e894f.pdf?_ga=2.104724418.371881353.1599143081-1366792074.1596416085.
- [69] F. Diderichsen, T. Evans y M. Whitehead, “The social basis of disparities in health”, en *Challenging Inequities in Health: From Ethics to Action*; F. Diderichsen, T. Evans y M. Whitehead, eds., Nueva York: Oxford University Press, 2009.
- [70] P. S. Gill, M. Calvert, R. Davis *et al.* (2011, nov.). “Prevalence of heart failure and atrial fibrillation in minority ethnic subjects: the ethnic-echocardiographic heart of england screening study (e-echoes)”, *PLoS ONE*. [En línea]. Vol. 6, n° 11. Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0026710>.
- [71] P. S. Gill, M., Calvert, H. Duffy *et al.* *Recruiting minority ethnic groups to the Ethnic-Echocardiographic Heart of England Screening study (E-ECHOES): Challenges and solutions*, 2011.

- [72] P. C. Bennett, P. S. Gill, S. Silverman *et al.* (2011, mzo.). “Ethnic differences in common carotid intima-media thickness, and the relationship to cardiovascular risk factors and peripheral arterial disease: the ethnic-echocardiographic heart of england screening study”, *QJM: An International Journal of Medicine*. [En línea]. Vol. 104, n° 3, pp. 245-254. Disponible en <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcq187>.
- [73] P. S. Gill, M. Calvert, R. Davis *et al.*, “The prevalence of left ventricular systolic dysfunction and AF in 5354 South Asian and African Caribbean subjects: results from the Ethnic-Echocardiographic Heart of England (E-ECHOES) study”, *European Heart Journal*, 2010.
- [74] C. J. L. Murray, S. C. Kulkarni, C. Michaud *et al.* (2006, sept.). “Eight Americas: Investigating mortality disparities across races, counties, and race-counties in the United States”, *PLoS Medicine*. [En línea]. Vol. 3, n° 9, pp. 1513–1524. Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0030260>.
- [75] P. Braveman. (2006, abr.). “Health disparities and health equity: concepts and measurement”, *Annual Review of Public Health*. [En línea]. Vol. 27, pp. 167–194. Disponible en <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.27.021405.102103>.
- [76] E. M. Kitagawa y P. M. Hauser, *Differential Mortality in the United States: A Study in Socioeconomic Epidemiology*, Cambridge: Harvard University Press, 1975.
- [77] E. Chen, K. Matthews y W. Boyce. (2202, marzo). “Socioeconomic Differences in Children’s Health: How and Why Do These Relationships Change With Age?”, *Psychol Bull.* [En línea]. Vol. 128, n° 2, pp. 295–329. Disponible en <https://doi.org/10.1037/0033-2909.128.2.295>.
- [78] R. R. Rentería-Ramos, *Valoración de la influencia socioeconómica del arribo de los desplazados por conflicto armado interno en Santiago de Cali*, tesis Ph. D, Facultad de Economía, Universidad de La Habana, 2016.
- [79] R. R. Rentería-Ramos y A. V. Alfonso. (2015). “Construcción de una red compleja para el estudio de la selectividad de Santiago de Cali por parte de las víctimas desplazadas del conflicto armado en Colombia”, *Investigación Operacional*. Vol. 36, n° 1, pp. 60–70. Disponible en http://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/fileadmin/rev-inv-ope/files/36115/pdf_36115-05.pdf.
- [80] P. Martens y L. Hall. (200, mzo.). “Malaria on the move: human population movement and malaria transmission”, *Emerging infectious*

- diseases*. [En línea]. Vol. 6, n° 2, pp. 103-109. Disponible en <https://dx.doi.org/10.3201%2Fcid0602.000202>.
- [81] E. E. Mast, L. B. Polish, M. O. Favorov *et al.* “Hepatitis E among refugees in Kenya: minimal apparent person-to-person transmission, evidence for age-dependent disease expression, and new serologic assays”, en *Viral hepatitis and liver disease*; K. Nishioka, H. Suzuki, S. Mishiro *et al.*, Tokyo: Springer, 1994, pp. 375–378.
- [82] E. A. Lindsay, N. Hymowitz, R. E. Mecklenburg *et al.* “Activities to promote health care providers as participants in community-based tobacco control”, *Smoking and tobacco control monograph n° 6*, National Institutes of Health, Rockville, U.S., NIH Pub, No. 95-4028, ag., 1995, pp. 133–152.
- [83] E. McIntyre, J. E. Hiller y D. Turnbull. (1999. abr.). “Determinants of infant feeding practices in a low socio-economic area: identifying environmental barriers to breastfeeding”, *Australian and New Zealand Journal of Public Health*. [En línea]. Vol. 23, n° 2, pp. 207–209. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1467-842X.1999.tb01238.x>.
- [84] F. Diderichsen y J. Hallqvist, “Social inequalities in health: some methodological considerations for the study of social position and social context”, *Inequality in health: a Swedish perspective*, Estocolmo: Swedish Council for Social Research, 1998, pp. 25–39.
- [85] A. V. Diez-Roux. (1998, febrero). “Bringing context back into epidemiology: variables and fallacies in multilevel análisis”, *American Journal of Public Health*. [En línea]. Vol. 88, n° 2, 1998, pp. 216-22. Disponible en <https://ajph.aphapublications.org/doi/pdfplus/10.2105/AJPH.88.2.216>.
- [86] L. F. Berkman y S. L. Syme. (1979, febrero). “Social networks, host resistance, and mortality: a nine-year follow-up study of alameda county residents”, *American Journal of Epidemiology*. [En línea]. Vol. 109, n° 2, pp. 186–204. Disponible en <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a112674>.
- [87] M. Bartley, D. Blane, y S. Montgomery. (1997, abr.). “Health and the life course: why safety nets matter”, *British Medical Journal*. [En línea]. Vol. 314, n° 7088, pp. 1194-1997. Disponible en <https://doi.org/10.1136/bmj.314.7088.1194>.
- [88] C. Power, S. Matthews y O. Manor. (1996, agosto). “Inequalities in self rated health in the 1958 birth cohort: lifetime social circumstances or

- social mobility?”, *British Medical Journal*. [En línea]. Vol. 313, n° 7055, pp. 449–453. Disponible en <https://doi.org/10.1136/bmj.313.7055.449>.
- [89] J. Hallqvist, F. Diderichsen, T. Theorell *et al.* (1998, en.). “Is the effect of job strain on myocardial infarction risk due to interaction between high psychological demands and low decision latitude? Results from Stockholm Heart Epidemiology Program (SHEEP)”, *Social Science & medicine*. [En línea]. Vol. 46, n° 11, pp. 1405–1415. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(97\)10084-3](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(97)10084-3).
- [90] T. Evans, M. Whitehead, F. Diderichsen *et al.*, eds., *Desafío a la falta de equidad en la salud: de la ética a la acción*, Washington: Fundación Rockefeller/ Organización Panamericana de la Salud, 2002.
- [91] D. J. Porslove-Barker, *Mothers, Babies And Health In Later Life*, Londres: Elsevier Health Sciences, 1998.
- [92] M. Kristenson, K. Orth-Gomer, Z. Kucinskiene *et al.* (1998, marzo). Attenuated cortisol response to a standardized stress test in lithuanian versus swedish men: the livicordia study”, *International Journal of Behavioral Medicine*. Vol. 5, n° 1, pp. 17–30. Disponible en https://doi.org/10.1207/s15327558ijbm0501_2.
- [93] M. Whitehead, G. Dahlgren y T. Evans. (2001, sept.). “Equity and Health Sector Reforms: Can Low-Income Countries Escape the Medical Poverty Trap?”, *The Lancet*. [En línea]. Vol. 358, n° 9284, pp. 833–836. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(01\)05975-x](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(01)05975-x)
- [94] E. Kalipeni. (2000, mayo). “Health and disease in southern Africa: a comparative and vulnerability perspective”, *Social Science & Medicine*. [En línea]. Vol. 50, n° 7-8, pp. 965–983. Disponible en [https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1016%2FS0277-9536\(99\)00348-2](https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1016%2FS0277-9536(99)00348-2).
- [95] N. Krieger y S. Zierler. (1996, enero). “What explains the public’s health?: A call for epidemiologic theory”, *Epidemiology*. [En línea]. Vol. 7, n° 1, pp 107–109. Disponible en <https://doi.org/10.1097/00001648-199601000-00020>.
- [96] N. E. Adler, W. T. Boyce y M. A. Chesney *et al.* (1993, junio). “Socioeconomic inequalities in health: no easy solution”, *Jama*. [En línea]. Vol. 269, n° 24, pp. 3140–3145. Disponible en <https://doi.org/10.1001/jama.1993.03500240084031>.
- [97] M. E. Sobel, *Lifestyle and Social Structure: Concepts, Definitions, Analyses*, Nueva York: Academic Press, 2013.

- [98] J. Bastos, B. Peleteiro, R. Barros *et al.* (2013, dic.). “Sociodemographic determinants of prevalence and incidence of helicobacter pylori infection in portuguese adults”, *Helicobacter*. [En línea]. Vol. 18, n° 6, pp. 413–422. Disponible en <https://doi.org/10.1111/hel.12061>.
- [99] M. Audet, A. Dumas, R. Binette *et al.* (2017, jun.). “Lifestyle inequalities: Explaining socioeconomic differences in preventive practices of clinically overweight women after menopause”, *Qualitative Health Research*. [En línea]. Vol. 27, n° 10, pp. 1541–1552. Disponible en <https://doi.org/10.1177%2F1049732317715246>.
- [100] K. Ishikawa, “Cause and effect diagram”, *Proceedings of International Conference on Quality*, 1963.
- [101] J. W. Forrester. (1994, agosto). “System dynamics, systems thinking, and soft OR”, *System Dynamics Review*. [En línea]. Vol. 10, n° 2-3, pp. 245–256. Disponible en <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100211>.
- [102] J. B. Homer y G. B. Hirsch. (2006, marzo). “System dynamics modeling for public health: background and opportunities”, *American Journal of Public Health*. [En línea]. Vol. 96, n° 3, pp. 452–458. Disponible en <https://dx.doi.org/10.2105%2FAJPH.2005.062059>.
- [103] G. L. Krahn, L. Hammond y A. Turner. (2006, enero). “A cascade of disparities: health and health care access for people with intellectual disabilities”, *Developmental Disabilities Research Reviews*. [En línea]. Vol. 12, n° 1, pp. 70–82. Disponible en <https://doi.org/10.1002/mrdd.20098>.
- [104] A. V. Diez-Roux. (2011, sept.). “Complex systems thinking and current impasses in health disparities research”, *American Journal of Public Health*. [En línea]. Vol. 101, n° 9, pp. 1627–1634. Disponible en <https://dx.doi.org/10.2105%2FAJPH.2011.300149>.
- [105] D. R. Brown y L. G. Brewster. (2015, mayo). “The food environment is a complex social network”, *Social Science & Medicine*. [En línea]. Vol. 133, pp. 202–204. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.03.058>.
- [106] N. Mej, *Networks: An Introduction*, Oxford: Oxford University Press, 2010.
- [107] D. J. Watts, *Small Worlds: The Dynamics of Networks Between Order and Randomness*, Princeton: University Press Princeton, 2000.
- [108] M. Barthélemy, A. Barrat, R. Pastor-Satorras *et al.* (2005, jul.). “Dynamical patterns of epidemic outbreaks in complex heterogeneous

- networks”, *Journal of Theoretical Biology*. [En línea]. Vol. 235, n° 2, pp. 275–288. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2005.01.011>.
- [109] D. Balcan, V. Colizza, B. Gonçalves *et al.* (2009, dic.). “Multiscale mobility networks and the spatial spreading of infectious diseases”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*. [En línea]. Vol. 106, n° 51, pp. 21484–21489. Disponible en <https://doi.org/10.1073/pnas.0906910106>.
- [110] J. Lin. (1991, enero). “Divergence measures based on the shannon entropy”, *IEEE Transactions on Information Theory*. [En línea]. Vol. 37, n° 1, pp. 145–151. Disponible en <https://doi.org/10.1109/18.61115>.
- [111] R. Missaoui y I. Sarr, eds., *Social Network Analysis–Community Detection and Evolution*, Nueva York: Springer, 2014.
- [112] S. Fortunato. (2010, febrero). “Community detection in graphs”, *Physics Reports*. [En línea]. Vol. 486, n° 3–5, pp. 75–174. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2009.11.002>.
- [113] G. Palla, I. Derényi, I. Farkas *et al.* (2005, jun.). “Uncovering the overlapping community structure of complex networks in nature and society”, *Nature*. [En línea]. Vol. 435, n° 7043, pp. 814–818. Disponible en <https://doi.org/10.1038/nature03607>.
- [114] C. Bron y J. Kerbosch. (1973, septiembre). “Algorithm 457: finding all cliques of an undirected graph”, *Communications of the ACM*. [En línea]. Vol. 16, n° 9, 575–577. Disponible en <https://doi.org/10.1145/362342.362367>.
- [115] P. R. J. Östergård. (2002, agosto). “A fast algorithm for the maximum clique problema”, *Discrete Applied Mathematics*. [En línea]. Vol. 120, n° 1–3, pp. 197–207. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0166-218X\(01\)00290-6](https://doi.org/10.1016/S0166-218X(01)00290-6).
- [116] H. Menzel y E. Katz. (1955, enero). “Social relations and innovation in the medical profession: the epidemiology of a new drug”, *Public Opinion Quarterly*. [En línea]. Vol. 19, n° 4, pp. 337–352. Disponible en <https://doi.org/10.1086/266584>.
- [117] L. Danon, A. P. Ford, T. House *et al.* (2011, marzo). “Networks and the epidemiology of infectious disease”, *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*. Vol. 2011. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2011/284909>.

- [118] N. A. Christakis y J. H. Fowler. (2009). “Social network visualization in epidemiology”, *Norsk Epidemiologi= Norwegian Journal of Epidemiology*. [En línea]. Vol. 19, n° 1., pp. 5-16. Disponible en <https://doi.org/10.5324/NJE.V19I1.6>.
- [119] R. Milo, S. Shen-Orr, S. Itzkovitz *et al.* (2002, oct.). “Network motifs: simple building blocks of complex networks”, *Science*. [En línea]. Vol. 298, n° 5594, pp. 824–827. Disponible en <https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1126%2Fscience.298.5594.824>.
- [120] S. Green, M. S. erban, R. Scholl *et al.* (2017, ene.). “Network analyses in systems biology: new strategies for dealing with biological complexity”, *Synthese*. [En línea]. Vol 195, n° 4, pp. 1751–1777. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11229-016-1307-6>.
- [121] I. Y. Smoly, E. Lerman, M. Ziv-Ukelson *et al.* (2017, jun.). “MotifNet: a web-server for network motif análisis”, *Bioinformatics*. [En línea]. Vol. 33, n° 12, pp. 1907–1909. Disponible en <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btx056>.
- [122] E. Delmas, M. Besson, M. H. Brice *et al.* (2018, jun). “Analysing ecological networks of species interactions”, *Biological Reviews*. [En línea]. Disponible en <https://doi.org/10.1111/brv.12433>.
- [123] M. C. Rodríguez-Rodríguez, P. Jordano y A. Valido. (2017, ene.). “Functional consequences of plant-animal interactions along the mutualism-antagonism gradient”, *Ecology*. [En línea]. Vol. 98, n° 5, pp. 1266– 1276. Disponible en <https://doi.org/10.1002/ecy.1756>.
- [124] J. P. Onnela, J. Saramäki, J. Kertész *et al.* (2005, jun.). “Intensity and coherence of motifs in weighted complex networks”, *Physical Review E*. [En línea]. Vol. 71, n° 6. Disponible en <https://doi.org/10.1103/physreve.71.065103>.



Sobre los autores

Rafael Ricardo Rentería

Es doctor en Ciencias Económicas, ingeniero industrial, trabaja en el Centro de Innovación, Investigación y Observatorio Social de Risaralda.

Olga Lucía Ostos Ortiz

Es candidata a doctora en Modelado y Simulación de Política Pública, doctora en Química, magíster en Administración Pública, magíster *scientiae* especialista en Genética Humana y directora de la Dirección Nacional de Investigación e Innovación de la Universidad Santo Tomás.

José Gabriel Mesa Angulo, O. P.

Es doctor *cum laude* en Ciencias de la Comunicación y doctor *summa cum laude* en Teología. Posee estudios de posgrado en Gerencia de Instituciones de Educación Superior y experiencia académica en Filosofía, Teología y Comunicación Social. Actualmente, es rector general de la Universidad Santo Tomás.



Índice alfabético

A

adultez 85, 86.

algoritmo de detección de comunidades 110, 111.

algoritmo *k-communities* 107, 108, 110.

axiomático, axiomática 25, 28, 31, 32, 44, 78, 82, 89, 90.

B

bienestar 19, 20, 22, 23, 25, 28, 29, 30, 32, 37, 39, 45, 53, 55, 56, 66, 79, 86, 91, 94.

de la salud 49, 55, 58, 78, 84, 85, 92, 94, 95, 101.

de los individuos 21, 23, 28, 33.

humano 17, 33, 36.

integral 20.

laboral 24.

social 35.

BDUA 80, 84, 95, 60.

C

causalidad 91, 92, 93.

capacidades 23, 26, 28, 30, 59, 85, 89, 91, 37, 49, 53, 54, 56.

concepto de 25.

privaciones de 44, 77.

teoría de las 26.

complejidad, complejo 91, 93, 94.

condiciones epidemiológicas 63, 94.

conjuntos difusos 28, 31, 43, 44, 45, 50, 78.

D

derechos humanos 35, 37.

desarrollo humano 17, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 28, 30, 35.

determinantes sociales 28 32, 94.

de bienestar 95.

de la salud 20, 21, 24, 38, 43, 50, 78.

dinámica de sistemas 93.

E

enfermedades 18, 19, 20, 24, 65, 66, 72, 75 ,86, 87, 92, 93, 94, 109, 110, 112, 113.

entrampamiento 19, 21.

estados de 77.

entropía 101, 102, 103.

estilo de vida 70, 91.

estratificación 69, 75, 80.

social 73, 74.

exposición diferencial 74, 75, 76, 80, 84, 87, 89, 109.

F

factores de riesgo 75, 76, 84, 93.

fortaleza nodal 99, 100.

funcionamientos 19, 25, 28, 30, 44, 58, 59, 77, 85.

G

gradientes sociales 22, 24, 73, 75, 76, 85.

grupo etario 85, 92, 113.

grupos poblacionales 33, 34, 37, 66, 69, 71, 72, 86, 87, 89, 94, 95.

H

hipótesis de susceptibilidad generalizada 75.

hombres 47, 48, 49, 50, 53, 55, 56, 59, 65, .

I

IMDES 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 78, 79, 80, 84, 85, 86.

indicadores múltiples 28, 29, 30, 78.

índice 30, 32,

de desarrollo humano 26.

de necesidades básicas insatisfechas 33, 35.

de pobreza multidimensional 33, 35.

M

multidimensional 35, 44, 50, 78, .

medidas topológicas 96, 98, 101, 104, 106, 108.

morbilidad 17, 60, 81, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 103, 105, 106, 107, 108, 110, 112, 113.

motifs 109, 110, 111, 113.

mujeres 53, 57, 59, 64, 65, 66, 92.

multidimensionalidad 25, 28, 29, 30, 43, 45, 49.

O

obesidad 92, 96, 109.

P

perspectiva sistémica 20, 92, 94.

pobreza 21, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 33, 35, 71, 73, 75, 94.

económica 45.

multidimensional 32, 33, 34, 44, 77, 89.

políticas 17, 20, 36, 37, 39, 70.

globales 33.

públicas 19, 23, 29, 55, 58, 75, 76, 78, 92.

sociales 22.

primera infancia 20, 21, 85, 88.

privación, privaciones 20, 28, 30, 34, 44, 45, 50, 51, 56, 57, 63, 65, 73, 77, 78, 80, 82, 84, 85, 86, 89.

grado de 28, 31, 32, 54, 80, 89.

nivel de 58, 59, 66, 87, 88, 89, 92.

simultanea 29, 48, 49, 79.

socioeconómicas 55, 72, 76, 77, 84, 92, 95, .

R

redes 95, 96, 101, 105, 108, 110, 111.

complejas 94, 95, 96, 97, 98, 103, 107, 109.

de diagnósticos 104, 105.

sociales 70, 72, 74.

riesgo 36, 66, 71, 74, 75, 77, 109.

en salud 87.

factores de 75, 76, 84, 93.

RIPS 60, 81, 84, 95, 97, 98.

Risaralda 50, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 72, 73, 80, 84, 85, 86, 87, 89, 94, 95, 97, 98, 99, 106, 108, 110, 113.

rural, rurales 21, 88, 109.

población 89, 90.

zonas 71, 87, 89.

S

salud, *passim*

derecho a 38.

disparidades en 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 90.

gobernanza en 20, 36, 37.

mental 36, 39.

procesos de 17, 37.

pública 17, 20, 36, 37, 109.

sexual 38.

sistemas de 36, 69.

Sisbén 60, 73, 80, 81, 84, 94, 97, 98, 99, 102, 103, 108.

Sistema de información 49, 60, 61, 79, 81, 95.

teoría de las susceptibilidades 77.

T

territorio 17, 39, 54, 66, 69, 72, 73, 80, 87, 89, 90, 92.

U

urbana, urbanos 72, 87, 88, 89, 90, 109.

V

valoración multidimensional 28, 31, 32, 43, 44, 89, .

vejez 85, 86, 87, 88.

vulnerabilidad diferencial 43, 69, 74, 76, 78, 79, 80, 84, 89.



Esta obra se editó en Ediciones USTA.
Se usó papel propalcote de 300 gramos para la carátula
y papel bond *beige* de 75 gramos para páginas internas.
Tipografía Sabon Lt Std.
2020

En esta obra se abordan algunas técnicas para cuantificar y establecer los determinantes sociales de la salud, desde el enfoque del bienestar. Así mismo, se analizan posibles causas de disparidades en la salud con una perspectiva multidimensional, que considera la situación sanitaria y educativa, la estratificación social, la exposición y la vulnerabilidad diferenciales.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
DIRECCIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN